This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`

B 1,060,839

1817
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR

4
.S4:

Rivista di Scienza

ORGANO INTERNAZIONALE DI SINTESI SCIENTIFICA

(Edizione per l'Italia)

COMITATO DI DIREZIONE

G. Bruni - A. Dionisi - F. Enriques - A. Giardina - E. Rignano

Anno I - Volume II

BOLOGNA
NICOLA ZANICHELLI
EDITORE

LONDON
WILLIAMS AND NORGATE

PARIS
FÉLIX ALCAN

LEIPZIG
WILHELM ENGELMANN

RIVISTA DI SCIENZA

VOLUME SECONDO

COMITATO DI DIREZIONE

G. Bruni - A. Dionisi - F. Enriques - A. Giardina - E. Rignano

Uffici di Direzione e Redazione: Milano, Via Aurelio Saffi, 11.

"Scientia"

RIVISTA DI SCIENZA

ORGANO INTERNAZIONALE

DI SINTESI SCIENTIFICA

ANNO PRIMO - VOLUME SECONDO

(EDIZIONE PER L'ITALIA)

BOLOGNA
NICOLA ZANICHELLI

LONDON
WILLIAMS AND NORGATE

PARIS
FÉLIX ALCAN

LEIPZIG
WILHELM ENGELMANN

È assolutamente vietata la riproduzione degli articoli inseriti in questa Rivista.

BOLOGNA - COOPERATIVA TIPOGRAFICA AZZOGUIDI

Compl. dato
Rancina
4.8.33
20429

INDICE

ARTICOLI

Bonnesen T. - *La réforme de l'enseignement des mathématiques élémentaires* . . . . . num. IV, pag. 365
Claparède E. - *La fonction du sommeil* . . . . . » III » 143
Delage Y. - *La parthénogénèse expérimentale et les propriétés des solutions électrolytiques* . . . . . » III » 55
Enriques F. - *Le principe d'inertie et les dynamiques non-newtoniennes* . . . . . » III » 21
Enriques P. - *La morte* . . . . . » III » 106
Fabry C. - *La théorie électromagnetique de l'Univers* . . » IV » 238
Fano G. - *Chimica e Biologia* . . . . . » IV » 278
Giuffrida-Ruggeri V. - *Il Pithecanthropus erectus e l'origine della specie umana* . . . . . » IV » 297
Hartog M. - *La dinamica della divisione cellulare mitotica.* » III » 127
Landry A. - *L'école économique autrichienne:*
I. *Histoire de l'école. Ses conceptions méthodologiques.* » III » 161
II. *Ses théories. Conclusion* . . . . . » IV » 317
Kidd B. - *Le due leggi fondamentali della Sociologia* . . » IV » 336
Pizzetti P. - *Le misurazioni fisiche e la teoria degli errori d'osservazione.* . . . . . » III » 1
Rignano E. - *Che cos'è la coscienza?.* . . . . . » IV » 304
Sommerfeldt E. - *Le basi della cristallografia teoretica* . » III » 35
Sombart W. - *L'origine delle città nel Medio Evo.* . . . » III » 171
Volterra V. - *Il momento scientifico presente* . . . . . » IV » 225
Walden P. - *La natura del processo di soluzione e la influenza del mezzo solvente.* . . . . . » IV » 256
Westermarck E. - *Le origini del celibato religioso.* . . . » IV » 352
Wiesner J. - *Il bisogno di luce delle piante* . . . . . » IV » 286

ANALISI CRITICHE

HÖFFDING H. - *Histoire de la Philosophie moderne;* **F. Enriques** . . . . . num. III, pag. 187
LAMARCK J. B. - *Discours d'ouverture;* **M. Caullery** . . » IV » 383
LIMENTANI L. - *La previsione dei fatti sociali;* **G. Vailati.** » III » 199
MACH E. - *Erkenntniss und Irrtum;* **A. Rey.** . . . . . » IV » 372
NARDI-GRECO C. - *Sociologia giuridica;* **A. Groppali.** . » III » 207
KLEIN F. e HÖFLER A. - *Grenzfragen der Mathematik und Philosophie;* **B. Calò** . . . . . » IV » 377
PAULY A. - *Darwinismus und Lamarckismus;* **E. Rignano.** » III » 193
PETROVICH M. - *La Mécanique des Phénomènes fondée sur les analogies;* **P. Boutroux** . . . . . » III » 190
REY A. - *La théorie de la Physique chez les physiciens contemporains;* **F. Enriques** . . . . . » IV » 375
SMALL A. - *General Sociology;* **A. Groppali** . . . . . » III » 207
SUPINO C. - *Le crisi economiche;* **A. Landry.** . . . . . » IV » 385
VERWORN M. - *Die Biogenhypothese;* **E. Rignano.** . . . » IV » 380
WAXWEILER E. - *Esquisse d'une sociologie;* **A. Groppali.** » III » 207
WESTERMARCK A. - *The origin and development of the moral ideas;* **E. Di Carlo** . . . . . » III » 204
WORMS R. - *Philosophie des sciences sociales;* **A. Groppali.** » III » 207

RASSEGNE

Rassegna di Fisica *(Sulla massa elettromagnetica)* di **T. Levi-Civita** . . . . . num. IV, pag. 387
Rassegna di Fisiologia *(Teorie della funzione del cuore)* di **F. Bottazzi** . . . . . » III » 210

RIVISTA DELLE RIVISTE

Année psychologique (L') (1907). . . . . num. III, pag. 219
Archivio di Fisiologia (Vol. IV, fasc. III, marzo 1907). » III » 221
Bollettino di Matematica (agosto-settembre 1907) . . . » III » 220
Coenobium (luglio-agosto 1907) . . . . . » IV » 414
Critica (La) (20 novembre 1907) . . . . . » IV » 414
Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik (Band IV, Heft 1) . . . . . » IV » 419
Naturwissenschaftliche Wochenschrift (N. F. Band III, Heft 38 und Band VI, Heft 43) . . . . . » IV » 420
Neue Zeit (Die) (16 marzo 1907) . . . . . » IV » 418
Revue de Metaphysique et de Morale (mai 1907). . . . » III » 219

Revue du Mois (10 juin 1907) . . . . . num. III pag. 220
» *philosophique* (juillet et septembre 1907) . . . » IV » 416
Rivista Internazionale di Scienze sociali e discipline ausiliarie (aprile 1907). . . . . » IV » 415
Rivista Italiana di Sociologia (gennaio-febbraio 1907) . » IV » 415
» *di Psicologia applicata alla Pedagogia e alla Psicopatologia* (luglio-agosto 1907) . . . . . » III » 220
Sitzungsberichten der mathem.-phys. Klasse der kgl. Bayer Akademie der Wissenschaften (dicembre 1906). . . » IV » 418
Weltall (Das) . . . . . » IV » 420
Zeitschrift fär Elektrochemie (Band XIII, Heft 44) . . » IV » 421

NOTIZIE

Num. III . . . . . pagg. 222-224
» IV . . . . . » 422-424

LE MISURAZIONI FISICHE

E LA TEORIA DEGLI ERRORI D'OSSERVAZIONE.

Le idee delle quali diamo qui un breve riassunto sono, almeno nella loro parte essenziale, acquisite da un pezzo al patrimonio scientifico. Nata nel secolo XVII, o forse prima, la teorica degli errori d'osservazione ebbe il suo completo sviluppo tra il finire del secolo XVIII e il principiare del successivo. Al pari di molte delle teorie di vario genere che si svilupparono in quella era famosa, essa ha, almeno nei suoi principii informativi, stretta parentela colla filosofia generale; è un ramo di logica nel quale le deduzioni hanno forma matematica, e il valore o il grado di sicurezza delle conclusioni si esprimono in forma numerica.

Per questa sua parentela cogli studi filosofici, quella teoria, se pure non le si voglia concedere un'azione *diretta* sul progredire delle indagini fisiche e naturali (poichè le regole scritte del ben ragionare sono generalmente superflue per gli ingegni ben adatti alla ricerca induttiva, e riescono vane per tutti gli altri) può tuttavia contribuire, come ogni sana filosofia, alla formazione della coscienza scientifica, di quell'insieme di doti intellettuali e morali, per le quali gli uomini sono animati e guidati nell'estendere il campo delle conoscenze naturali.

Ma di più, veramente, può dirsi che, in alcuni rami almeno delle scienze di osservazione, questa teoria, per concorde testimonianza dei fatti, ha contribuito a raffinare ed assicurare i risultati delle ricerche, formando quasi un sussidio ideale ai sensi dell'osservatore e agli stromenti da lui impiegati.

Non si può negare che, subendo la stessa sorte di altre dottrine sue contemporanee, la teoria degli errori di osserva-

zione ha ora perduto alquanto della integrità di contorni e della semplicità schematica primitive, sotto l' azione dello spirito critico dei nostri tempi. Ma ciò non ostante essa è così intimamente legata coi principii delle ricerche d' osservazione e sperimentali, che non può essere trascurata, nè come elemento di coltura generale, nè come metodo di sintesi speciale. Vale la pena di occuparsene, anche quando fosse soltanto per farne la critica e per ridurne il campo d' applicazione.

I.

Le scienze d' osservazione e di esperimento giunte a un certo grado di sviluppo hanno il loro essenziale fondamento nella ricerca di valori *numerici* delle grandezze naturali. Ma quei numeri non hanno, com' è ovvio, un valore assoluto. Non solo in causa della imperfezione degli stromenti che servono alle misure, della debolezza dei sensi dell' osservatore e delle tante cause esterne di errore, ma anche per la difficoltà di una esatta *definizione* della grandezza da misurare, i *numeri* osservati hanno un valore soltanto relativo. Prendiamo gli esempii più semplici. Qual' è la definizione della *vera lunghezza* di un' asta metallica parallepipeda (metro a testate) quando si pensi alla inevitabile irregolarità delle faccie e degli spigoli terminali che non realizzano mai le forme geometriche astratte? Qual' è *l' istante del passaggio* di una stella attraverso un filo del reticolo di un canocchiale astronomico, se si tien conto della compagine irregolare del filo e dei piccoli spostamenti che il reticolo stesso può subire? Qual' è il *vero rapporto* fra due masse, quando si pensi alle alterazioni chimiche che, teoricamente, i corpi possono di continuo subire per effetto degli agenti atmosferici? Ancor più vaga diventa la definizione del *vero valore* di una quantità fisica, quando questa definizione involge l' ammissione di una legge fisica, quando si tratti p. es. di un coefficiente di dilatazione, di una resistenza elettrica, di un indice di refrazione e simili.

Ma la impossibilità di una definizione a priori del *vero valore* non ha mai distolto il fisico dal comparare fra loro due prototipi lineari, l' astronomo dal regolare l' orologio o dal determinare le longitudini, il chimico dal fare determinazioni quantitative; e la ragione è ovviamente questa: che alla definizione teorica o aprioristica di una grandezza fisica vien

sostituita una *definizione sperimentale: la media dei risultati di un certo numero di misure.* Quando il fisico misurando oggi e poi domani e poi un altro giorno, e così via, la differenza di lunghezza di due prototipi lineari, e ogni volta non contentandosi di una sola osservazione ma di parecchie, per guarentirsi dalle cause momentanee ed accidentali di errore, trova nei varii giorni delle medie *costanti* (o differenti per quantità trascurabili), egli assume quella media come misura della *vera* differenza dei due prototipi. Quando due astronomi in due luoghi differenti paragonando fra loro, in tante serate successive, i passaggi di stelle pei rispettivi meridiani, trovano per le varie notti una differenza *media* sensibilmente costante fra le indicazioni dei loro orologi, questa differenza, corretta, s' intende, dall' effetto di cause *note* di errore, si assume come misura della *differenza di longitudine.*

Una tale definizione empirica delle grandezze fisiche è senza dubbio convenzionale. Il ripetere le misurazioni in circostanze identiche porta in generale a valore medii *fissi*, in quanto che le piccole e variabili cause di variazione tendono, nelle medie, ad elidersi mutuamente; ma niuno ci assicura che il nostro metodo d'osservazione non porti in sè qualche difetto ignorato e introduca costantemente nei *numeri* osservati *qualche cosa che non appartiene* all'oggetto misurato, e che in avvenire nuovi metodi, nuovi istrumenti, nuove nozioni teoriche non ci possano condurre, in modo concorde e costante, a valori fissi differenti da quelli che oggi ci sembrano tali, e che, in mancanza di meglio, riguardiamo come valori *veri.*

II.

Gli studî *statistici* sono stati più volte oggetto di acerbe censure; talune vaghe e generali mosse da spiriti impazienti di ogni ricerca numerica, altre più precise rivolte contro le conclusioni affrettate di osservatori superficiali. Ma, se l'abuso e l'imprudenza vanno giustamente criticate, le accuse generali contro la statistica non hanno senso: tanto varrebbe negare il valore delle scienze di osservazione in generale. Possiamo dire anzi che i procedimenti logici che elaborano i dati delle osservazioni e degli esperimenti fisici non sono che ricerche statistiche, in un senso estremamente generalizzato della parola, se riflettiamo che la *definizione sperimentale*, di cui testè si

è detto, richiede per la effettiva determinazione di ogni grandezza fisica, un certo numero di *osservazioni ripetute.* La discussione di un materiale più o meno abbondante di osservazioni, lo studio di trarne dei valori medii, di indagare se questi valori medii si mantengano o no costanti nello spazio e nel tempo, e di dedurre, per quant' è possibile, delle *leggi*, tutto ciò è proprio, vuoi delle ordinarie scienze d'osservazione, vuoi della statistica p. d. In quelle il problema sembra più ben determinato che in questa, in quanto che gli enti o i rapporti da misurare hanno una rappresentazione *astratta* relativamente semplice, e, sovratutto, in quanto il *numero* delle osservazioni occorrenti per avvicinarsi ad una media fissa è relativamente piccolo.

In realtà, studiosi in campi differenti hanno idee diversissime intorno a questo numero. Per lo statistico l'esame di *un migliaio* di casi sarà, il più delle volte, insufficiente; pel fisico *dieci* misurazioni ripetute di una stessa grandezza saranno generalmente sovrabbondanti di numero. In certi generi di studî sperimentali l'osservatore *non ha neppure l'idea* che occorra o giovi ripetere l'osservazione per calcolare una media che si avvicini al vero più che ogni singolo risultato. Ha egli forse fiducia nella infallibilità delle proprie misurazioni? No davvero: ma si tratta allora di ricerche sperimentali, in cui quel che si chiama *errore sistematico*, che è inerente al metodo, agli strumenti impiegati e che non tende a scomparire con una conveniente ripetizione delle misure, ha tanta importanza di fronte all'errore *accidentale*, che sembra assolutamente inutile il cercare di eliminare questo col ripetere le misure in condizioni identiche, e piuttosto si cerca di liberarsi dai difetti sistematici col cambiare addirittura istrumenti, metodi e, se occorre, principii teorici nella ricerca.

Passando adunque dalle ricerche statistiche alle osservazioni astronomiche, alle fisiche in generale, noi abbiamo, in grado molto differente, il bisogno di iterare, in circostanze identiche, le osservazioni. Ma è questione, ormai può dirsi, soltanto di gradazione, giacchè anche in scienze di solidissima reputazione, quale è l'astronomia, taluni fatti hanno una definizione materiale così poco semplice, che soltanto l'esame di un *grandissimo* numero di casi può condurre a qualche conclusione. Tali sono p. es. la ricerca dell' *apice solare* (direzione verso la quale avviene il moto del sistema solare nello

spazio), le indagini sul modo di distribuzione delle stelle nello spazio, e simili.

III.

Noi chiamiamo, per semplicità, (come si suole nella teoria matematica degli errori) *osservazione* un numero dedotto dall'osservazione o dall'esperimento, portati, quella o questo, sopra un ente naturale: esempï: la lunghezza d'una linea materiale data da un comparatore, l'altezza di un astro sull'orizzonte letta sul cerchio di un circolo zenitale, la differenza piccolissima di due pesi indicata dallo stilo di una bilancia, la deviazione di un amperometro, un tempo di reazione nervosa, la statura di un uomo, il numero percentuale di analfabeti di una regione.

Per conquistare una posizione solida o relativamente stabile nel campo delle conoscenze naturali, vogliam dire per *fissare dei valori* e per mezzo di questi delle probabili leggi fisiche, noi abbiamo a nostra disposizione l'*esercito delle osservazioni*. Esercito di ben differente costituzione nei varii casi, a partire dall'orda rozza, incosciente, indisciplinata alla quale solo il numero strabocchevole, può dar la vittoria, fino al piccolo nucleo di valorosi, concordi nell'azione, rotti a tutte le arti della guerra, forti nell'anima e nel corpo. Noi supponiamo, per ora, che l'esercito sia *omogeneo;* questo non vuol dire che i varii soldati siano stati, uno ad uno, esaminati e riconosciuti di eguale attitudine e valore, cosa impossibile; ma semplicemente che la coscrizione sia fatta in uno stesso paese e in una stessa epoca, che non vi sia, insomma, commistione di due o più classi di valore presumibilmente diverso.

Per uscire di metafora, noi supporremo di avere a nostra disposizione una *classe* di osservazioni che, a priori, possano ritenersi di *egual precisione*, e per questo basta che siano eseguite dalla stessa persona o da persone di eguale perizia, collo stesso istrumento o con istrumenti di egual pregio, in circostanze *non sistematicamente diverse;* in modo che non vi sia una ragione preventiva per prestar maggior fede all'uno che all'altro dei risultati delle singole osservazioni.

IV.

In una classe di osservazioni così fatte noi, innanzi tutto, necessariamente ammettiamo escluse le ragioni o cause *siste-*

matiche o *regolari* di errore, delle quali le più ovvie (ma non le sole) sono i difetti sensibili degli strumenti impiegati, come p. es. lo spostamento dello *zero* di un termometro, l'eccentricità di un cerchio graduato, l'ineguaglianza dei bracci di una bilancia, e simili; imperfezioni le quali debbono supporsi o senz'altro corrette, ovvero paralizzate negli effetti loro con opportuni artifizii. Questa ipotesi che siano eliminate le cause sistematiche d'errore è evidentemente implicita nella *definizione sperimentale* delle grandezze fisiche di cui si è detto innanzi.

Eliminate queste cause isolate e regolari, resta tuttavia una selva di piccole cause d'errore delle quali, pel loro numero, pel loro agire saltuario, per la loro stessa tenuità, ci sfugge assolutamente la valutazione teorica. Sono queste che generano, tutte insieme, il così detto errore *accidentale*, e che potrebbe anche chiamarsi *inevitabile*, delle osservazioni.

Appunto perchè accidentali, tali errori, non valutabili ognuno per sè, sono soggetti, quando se ne consideri un gran numero, alle leggi della *probabilità*. Minute ricerche matematiche, delle quali non occorre dare neppure i principii, conducono a valutare la *probabilità che l'errore di una osservazione cada entro determinati limiti di grandezza*, quando si ammettano questi due postulati: 1° che l'errore sia il prodotto di un grandissimo numero (*infinito* per comodità di calcolo) di cause indipendenti; 2° che nella media di un gran numero di osservazioni gli errori tendano a compensarsi.

L'esperienza soccorre qui confermando le previsioni teoriche. Quando abbiamo un gran numero di *osservazioni* (della stessa classe) ossia risultati delle misurazioni ripetute di una stessa quantità, naturalmente fra loro discordanti per effetto degli errori accidentali, le differenze fra tali risultati e la loro media aritmetica possono sensibilmente ritenersi eguali agli errori commessi nelle varie misure. Or bene, tali errori presi nel loro complesso, obbediscono a leggi ben evidenti; prima di tutto gli errori *positivi* sono in numero pressochè eguale a quello dei *negativi* (e ciò è ben naturale trattandosi di differenze dalla media); di più gli errori *grossi* si presentano più raramente che i *piccoli*, o, per essere più precisi, se si fa una classificazione statistica degli errori per categorie di grandezze equidifferenti, si trova nelle varie categorie, andando da quella di più basso a quella di più alto valore,

numeri sempre più piccoli di errori. E questo ineguale addensamento degli errori secondo le varie loro grandezze corrisponde generalmente bene alla previsione teorica di cui si è detto in base al calcolo delle probabilità. La formola teorica di probabilità che regola la distribuzione del numero degli errori per categorie di grandezze si chiama: *legge di frequenza degli errori*. Gli esempii di verificazione empirica di questa legge sono comuni e ben noti da gran tempo sia nel campo delle scienze fisiche ed astronomiche, sia in quello delle ricerche statistiche.

V.

Ma i calcoli teorici e le verificazioni sperimentali sul modo di distribuzione degli errori non soddisfarebbero ad altro che ad una curiosità, se non fornissero insieme un elemento prezioso. La legge di frequenza testè definita contiene in sè un numero (o, come si dice dai matematici, un *parametro*) il quale può essere dedotto a posteriori dall'esame di un buon numero di osservazioni *della stessa classe*, e che è tanto più grande quanto più strettamente sono addensati i singoli risultati intorno alla media. Questo numero è la *mensura praecisionis* di Gauss. È, possiamo dire tornando per un momento alla immagine testè usata, una specie di attestazione del grado di valore della compagnia di soldati alla quale abbiamo paragonata la classe di osservazioni. Una quantità inversamente proporzionale al numero ora detto, e che è tanto più grande quanto più largamente oscillano i risultati singoli al di qua e al di là della media, si chiama l'*errore medio temibile*, oppure dagli statistici, *indice di dispersione*. Noi useremo promiscuamente l'una o l'altra delle due espressioni; più frequentemente la seconda, perchè la prima rende meno chiaro il discorso ai lettori non pratici di questi argomenti.

Dato che sia questo *indice* per una classe di osservazioni, il calcolo delle probabilità ci insegna a risolvere interessanti problemi, come p. es. a valutare: 1° la probabilità che la differenza fra i risultati di due osservazioni della stessa classe sia superiore a un certo limite; 2° la probabilità che la media aritmetica di un certo numero di osservazioni differisca dal vero valore non più di una certa quantità; e simili. Così, p. es. vi ha la probabilità di 84 % che la differenza fra due osser-

vazioni non superi il *doppio dell' indice;* vi ha 995 ‰ di probabilità che essa non superi il *quadruplo;* vi ha il 97 % di probabilità che la media di 20 osservazioni non differisca dal vero valore di più che *metà* dell' indice, ecc.

La conoscenza dell'error medio, o indice di dispersione ci dà dunque una misura del grado di fiducia che noi possiamo riporre nei risultati delle osservazioni. E in molti casi questa misura ha una importanza essenziale per la natura delle conclusioni cui un dato studio può condurre. Citiamo un paio d'esempï:

1° Una ventina d'anni fa si tendeva ad ammettere, in base ai risultati delle livellazioni Italiane e Francesi, che fra il Mediterraneo e il Mar del Nord vi fosse una *differenza di livello.* Questo fatto turbava l'ipotesi tanto naturale che i mari appartengano ad una unica superficie di livello. La trattazione complessiva (o, come si dice in termine tecnico, la compensazione) delle livellazioni principali dell' Europa Centrale, ha posto i geodeti in grado di computare gli indici di dispersione delle differenze di livello ottenute fra i vari mareografi. E si è visto che questi indici sono abbastanza grandi perchè quelle differenze possano, senza alcuna difficoltà, attribuirsi ad errori d'osservazione. La ipotesi del *livello unico* non è dunque, per ora, contraddetta dai dati delle livellazioni.

2° Due astronomi osservando, *dieci* volte ciascuno, passaggi di stelle al meridiano trovano fra i tempi da loro osservati una differenza media di 0',17; l'error medio di ciascuno degli osservatori è d'altra parte 0',085. La probabilità di quella discordanza risulta minore di un *centomillesimo;* una tale discordanza non può dunque ritenersi come un fatto accidentale: essa rappresenta quel fenomeno regolare che va sotto il nome di *equazione personale* dei due osservatori.

Più generalmente: il valore di una grandezza fisica determinato oggi dalla media di 10 osservazioni differisce dalla media di 10 osservazioni eseguite ieri, e la differenza supera, poniamo, il doppio dell' *indice* di ciascuna serie. La probabilità a priori di questo fatto è minore di un centomillesimo; esso può praticamente riguardarsi come impossibile. Che cosa concludiamo da ciò? Che le misurazioni fatte oggi e quelle fatte ieri non si riferiscono ad una stessa grandezza fisica; che questa che noi ritenevamo suscettibile di definizione sperimentale è invece continuamente variabile, ovvero che una

causa sconosciuta ha da ieri ad oggi alterato l'oggetto delle nostre misure, o finalmente che una ragione sistematica di errore si è, a nostra insaputa, insinuata nel nostro metodo di misura.

Questi che possiam dire *risultati negativi* della teoria che ci occupa hanno non piccola importanza: su di essi torneremo più innanzi. Qui intanto notiamo come dalla conoscenza dell'errore medio di un dato genere di misure fisiche possa dipendere il valore di taluni concetti teorici: quello fra gli altri, delle *unità di misura* di cui si fa uso.

È notissimo come la Commissione Francese nominata in base al voto dell'Assemblea Nazionale nel 1790 proponesse, e il Corpo Legislativo, in base ai risultati delle operazioni geodetiche Franco-Ispane, adottasse nel 1799 *l'unità di misura lineare* come quarantamilionesima parte del meridiano terrestre. Questa definizione supponeva che la superficie di livello terrestre potesse sensibilmente identificarsi con una superficie di rotazione, in modo che tutti i meridiani fossero di eguale lunghezza. Ora le determinazioni geodetiche e astronomiche eseguite nelle varie parti del globo hanno posto in evidenza come quella superficie si scosti in modo non trascurabile da una di rotazione, e la conoscenza degli errori medii delle misure ha dato la possibilità di affermare che quegli scostamenti sono *reali*, ossia non spiegabili cogli errori proprî delle misure medesime. La *definizione naturale del metro* data dalla Commissione Francese non è dunque più possibile al dì d'oggi.

Vale la pena di ricordare qui di passata come la ricordata definizione differisca da quella che era stata suggerita dal Ministro Talleyrand (che fu in realtà il promotore *ufficiale* della grande riforma metrica). Questi ispirandosi all'idea di Picard (1670), Lacondamine (1743) e d'altri, proponeva all'Assemblea Francese (marzo 1790) che l'unità di misura lineare dovesse essere la *lunghezza del pendolo che batte il secondo di tempio medio* in un dato luogo della Terra. La Commissione Francese giustamente temette le difficoltà che presenta la misura *assoluta* della durata di oscillazione di un pendolo; ma bisogna dire che la definizione proposta da Talleyrand gode forse di maggior solidità dell'altra che fu in suo luogo adottata, giacchè quella sussiste invariata finchè non varia la unità di misura del tempo (il secondo di tempo medio). È ben vero che la probabile variazione secolare della

rotazione diurna della Terra, e la non uniformità della precessione generale degli equinozii alterano anche l'unità di tempo, ma per un grandissimo numero d'anni queste alterazioni possono considerarsi come trascurabili, mentre non lo sono le differenze di lunghezza dei varii meridiani. Ma ritorniamo al nostro argomento.

VI.

Una serie abbastanza numerosa di osservazioni ci può fornire, lo abbiamo già detto, l'indice di dispersione o l'error medio che compete ad uno strumento o ad un metodo non prima usato. E questo indice, una volta determinato, può considerarsi poi come fisso, o sensibilmente fisso, per tutto il successivo uso che si farà dello istrumento o del metodo, semprechè, s'intende, nelle mani di un *abile osservatore*. La espressione è meno vaga di quello che può parere. Vi hanno persone (la cosa è notissima) le quali, per quanto dotate di intelligenza e buona volontà, non diventano mai buoni osservatori. Qualche volta i sensi, in ispecie la vista, son difettosi; più spesso le mani sono male adatte al maneggio di delicati apparecchi; vi hanno mani sgraziate che urtano, storcono, imbrattano tutto ciò che toccano. Anche talvolta fanno difetto certe qualità psichiche, come quella *memoria delle cose* che ci fa ricordare le minute cautele difficilmente traducibili in regole scritte, ma essenziali per la buona riuscita degli esperimenti. Più spesso mancano altre qualità morali, la pazienza, la calma, la indipendenza di spirito e vi sono invece l'entusiasmo frettoloso e il preconcetto. Ravvolti nella nube dei loro grandi o piccoli pensieri, taluni studiosi si creano un mondo convenzionale che impedisce loro di vedere il reale mondo esteriore. A questi seguaci, o mal destri, o impazienti o non abbastanza devoti, la natura orgogliosa non isvela i suoi segreti.

Quando si eccettuino, da una parte, queste persone che non hanno alcuna attitudine alle ricerche materiali, e d'altra parte poche persone dotate di una eccezionale finezza di sensi, si può dire che tutti i *non principianti* sono egualmente *abili* osservatori.

Quando uno strumento o un metodo di misura fondato sopra un principio *nuovo* viene introdotto nella pratica, la

ricerca sul grado di precisione esige speciale attenzione. Parliamo, a cagion d'esempio della novissima applicazione della *telegrafia senza fili* alla misura delle *differenze di longitudine.* È ben noto come, al dì d'oggi, si misuri la differenza di longitudine fra due luoghi A e B, la quale non è altro che la differenza dei *tempi* segnati, in uno stesso istante fisico, da due orologi regolati l'uno sul meridiano di A, l'altro su quello di B. Per mezzo dell'ordinaria telegrafia, una serie di *segnali* è inviata sia ad un apparecchio registratore del tempo (*cronografo*) collegato elettricamente coll'orologio di A, sia all'analogo apparecchio in B. Il paragone delle indicazioni dei due cronografi dà senz'altro la cercata differenza, quando, ben inteso, i due orologi siano esattamente regolati, quando si siano usati gli artifizii atti a garantire che i due istrumenti rispondano con eguale prontezza, quando finalmente, collo scambiare gli operatori nei due luoghi, si sia eliminato l'effetto di quella *equazione personale* cui abbiamo accennato poco innanzi.

Si è ora cercato di fare l'analoga operazione per mezzo della radiotelegrafia [1]. In ciascuno dei due luoghi A e B si supponga collocata un'antenna atta ad influenzare nel modo ben conosciuto, un radioconduttore (*coherer*) incluso in un circuito elettrico. Un soccorritore (*relais*) posto su questo circuito chiude, ogni qualvolta l'antenna sia colpita da onde elettriche, un secondo circuito che va ad un cronografo e produce su questo il tracciamento di un segnale.

Ora si presentava la domanda. Questo nuovo organo, il coherer, è egli atto a funzionare come *apparecchio di precisione?* I fisici hanno tutte le ragioni di ritenere che attraverso al coherer l'effetto delle onde si trasmetta colla velocità della luce. Ma d'altra parte è da osservare che la *inerzia* degli apparecchi di questo genere ha sempre una influenza non trascurabile nella durata delle trasmissioni elettriche; ne sia prova il fatto che nelle determinazioni di longitudine già tante volte eseguite colla ordinaria telegrafia, il tempo occorrente per la trasmissione dei segnali è, per quanto piccolo, generalmente *molto superiore* a quello che competerebbe alla velocità di trasmissione della corrente; e la differenza è appunto dovuta alla inerzia degli apparecchi.

[1] Pubblicazioni dell'Istituto Geodetico Prussiano: Nuova serie, N. 31; Berlino 1907.

Si poteva dunque pensare che una tal sorta d' inerzia presentassero i circuiti col coherer, e che il ritardo risultasse notevolmente variabile da una volta all' altra in guisa da togliere alla trasmissione dei segnali quel grado di precisione che è proprio della ordinaria telegrafia. Ed anche si poteva dubitare che la *prontezza* dell' apparato dipendesse dalla maggiore o minore *energia* delle onde elettriche inviate dal sistema eccitatore. Per risolvere tali dubbï l' Istituto Geodetico Prussiano ha fatto uno studio preliminare in questa guisa. Collocata nella stazione astronomica di Potsdam una antenna, a questa furono subordinati due circuiti, ciascuno munito di coherer e di relais, ed atto ad inviare al cronografo un segnale, ogni qualvolta l' antenna fosse colpita da onde elettriche. Così ad ogni segnale inviato dall' apparecchio eccitatore [1] corrispondevano sul cronografo di Potsdam due indicazioni dovute ai due circuiti ora detti. La differenza di tempo fra queste due indicazioni doveva o rimanere costante o variare entro limiti piccolissimi, affinchè il sistema di trasmissione potesse considerarsi come dotato di alta precisione. Ora ripetute esperienze eseguite con cinque differenti coppie di cohérer e variando per tre gradi differenti l' energia delle onde elettriche, han dato un error medio di quattro millesimi di secondo, in media. E poichè questo è notevolmente inferiore all' error medio accidentale delle differenze di longitudine fin qui eseguite, si potè così ritenere che il sistema radioconduttore presenta, per lo scopo di cui si tratta, una sufficiente precisione. Le operazioni successivamente eseguite per misurare la differenza di longitudine fra Potsdam e il Brocken (i due punti distano rispettivamente di 32 e di 183 km. dalla sede dell' apparecchio eccitatore), operazioni nelle quali si usò alternamente l' ordinaria telegrafia e quella senza fili, confermarono questa conclusione; sicchè ora si può ritenere che la radiotelegrafia può, all' occorrenza, sostituire, senza scapito di precisione, quella ordinaria nella misura delle longitudini, o generalmente nelle segnalazioni cronometriche. Quanto questo risultato sia importante, anche per la possibilità di inviare da un osservatorio astronomico l' *ora* esatta alle navi in alto mare, ognuno comprende.

[1] Situato nelle officine della Società « Telefunken » di Berlino (sistema Slaby Arco).

VII.

Non soltanto i numeri ottenuti misurando direttamente una quantità fisica (o come brevemente si dice: le *osservazione dirette*) sono soggetti ad inevitabili errori; ma quelli ancora che con determinate regole si valutano col sussidio di numeri osservati. Così p. es., quando sia nota la lunghezza alla temperatura 0° e il coefficiente di dilatazione lineare di una asta metallica, la valutazione della lunghezza di essa ad un certo istante è di tanto più incerta quanto meno esatta è la misura della temperatura; la latitudine astronomica di un luogo determinata misurando altezze di astri sull' orizzonte riesce influenzata dagli errori che affettano la misura delle altezze medesime e da quello dell' orologio che segna gli istanti delle osservazioni; nella riduzione al vuoto del peso di una sostanza influiscono gli errori commessi nel valutare la pressione e le temperatura dell' aria; e così via.

L' opportuna analisi matematica dimostra come, sotto certe riserve, dati che siano gli indici di dispersione dei numeri osservati, si possa calcolare l' indice di un altro numero il quale dipende in un modo determinato dai primi, o, come si dice, di una *funzione assegnata delle osservazioni*. Citiamo esempï fra i più semplici: la lunghezza di una linea ottenuta (come di solito si fa) riportando tante volte un' asta di lunghezza nota, ha un error medio o indice che cresce proporzionalmente alla radice quadrata della lunghezza totale; se il volume di un gas a temperatura costante è valutato misurando la pressione cui esso è soggetto, l' error medio del risultato è inversamente proporzionale al quadrato della stessa pressione.

Come si comprende, calcoli cosifatti hanno un' infinità di applicazioni interessanti. Ma vogliamo qui solo accennare a quella generale applicazione che va sotto il nome di *combinazione più vantaggiosa delle osservazioni*. Della quale il caso più semplice è il seguente. Una grandezza fisica è stata direttamente e ripetutamente misurata, ottenendosi, nelle varie misure, dei numeri fra loro discordanti per effetto degli errori accidentali; qual' è il valore che più conviene di attribuire alla grandezza osservata? Questo valore è ragionevole ammettere che si abbia a calcolare facendovi contribuire *tutti* i numeri osservati; differenti modi di calcolo ci condurranno a

risultati che avranno indici di dispersione differenti. Più conveniente di tutti sarà quel modo di calcolo che conduce al *minimo* indice, ossia alla *massima precisione*. Si ottiene così, ammessi due postulati [1] che non c'è alcuna difficoltà a concedere, che il valore più conveniente è la *media aritmetica* dei singoli valori osservati, se questi sono forniti da osservazioni di egual precisione. Che se le singole osservazioni fossero di precisione differente, allora esse debbono entrare in calcolo con differente importanza; di due osservazioni delle quali la prima abbia l'indice uguale a *1*, l'altra l'indice *2*, quella deve contare per *quattro* la seconda per *uno*. In generale nella formazione della media, ogni osservazione deve essere moltiplicata per un coefficiente (*peso*) inversamente proporzionale al quadrato del proprio error medio o indice.

Il più delle volte il problema si presenta sotto forma meno semplice; i numeri ottenuti dalle misurazioni non si riferiscono direttamente alle grandezze fisiche che si cercano, ma ad altre grandezze che hanno un legame aritmetico conosciuto con quelle. È questo il caso delle così dette *determinazioni indirette*. Così quando si vogliono determinare i coefficienti della formula di dilatazione cubica del mercurio, non già questi coefficienti sono direttamente misurati, ma bensì i volumi assunti da una data massa di mercurio a differenti temperature; quando si cerca l'indice di refrazione relativo di una sostanza trasparente, i numeri osservati non sono già valori dell'indice stesso, ma bensì si riferiscono alle deviazioni subìte da certe immagini, e così via.

In questi e nei casi analoghi, si hanno a dedurre le incognite del problema col *combinare* opportunamente certe *equazioni* che legano le incognite stesse coi numeri osservati, e la *combinazione* dev'essere fatta in guisa da fornire, per le incognite, i valori più *precisi* che è possibile, ossia col minimo error medio. Si arriva allora (con operazioni analitiche più complicate, ma in base a principii altrettanto semplici quanto nel caso sopra detto delle osservazioni dirette) al così detto *metodo dei minimi quadrati*, del quale non occorre qui discorrere più oltre.

[1] Ecco i due postulati:

a) Il valore più conveniente si sceglie fra le *funzioni lineari* delle osservazioni;

b) Se, per avventura, tutte le osservazioni avessero dato eguale risultato, questo valore unico deve pure essere scelto come il più conveniente.

VIII.

Diciamo piuttosto di una importante applicazione di quel metodo.

Due o più grandezze fisiche variano *insieme*, o con relazione evidente di *causa* ad *effetto*, oppure per semplice *concomitanza*, la cui ragione materiale non sia evidente a priori. Nell'un caso e nell'altro interessa avere la relazione matematica, ossia la *formula*, che lega il modo di variare dell'una grandezza con quello dell'altra, (o delle altre) in guisa da render possibile il prevedere il valor numerico che quella assumerà quando questa (o queste) prenderà un valore determinato. Può talvolta essere nota a priori, per ragioni teoriche, questa relazione matematica; più spesso essa non è conosciuta, e partendo, per tentativi, da formole ipotetiche semplici, si vuol cercare se qualcuna di queste si adatti bene ad esprimere quel fenomeno di variazione simultanea.

Osserviamo di passata, che molte volte la conoscenza aprioristica di una formola è più apparente che reale. Spesso si ammette, p. es., come evidente che la variazione di una grandezza sia *proporzionale* a quella di un'altra e si adotta in conseguenza la così detta *formola lineare;* mentre in realtà questa non è, il più delle volte, che una semplificazione arbitraria che vale soltanto per un ristretto campo di variabilità. Spesso anche la formola teorica, pur essendo dedotta con grande acume d'analisi matematica, ha il suo fondamento in postulati così arbitrarî da renderla altrettanto incerta quanto una formula empirica [1].

Comunque sia, tali formole contengono in sè dei *parametri* o *coefficienti* incogniti che coll'esperienza si possono (indirettamente) determinare osservando quali valori successi-

[1] Ci guardiamo bene, con questo, dall'approvare l'idea di chi vorrebbe ridotto lo studio matematico dei fatti naturali al puro impiego di formule empiriche. Quando da *uno* stesso postulato si possono dedurre, matematicamente, le formole rappresentative di *parecchi* fenomeni differenti, e quando l'esperienza dimostra che questa rappresentazione risulta, per ciascun d'essi, abbastanza fedele, la concomitanza di tali accordi fra la teoria e l'osservazione, ha un valore logico *estremamente superiore* a quello che avrebbe il trovare tante diverse formole empiriche per ciascuno dei fenomeni considerati.

vamente assuma una delle grandezze considerate in corrispondenza a valori determinati e diversi dell'altra (o delle altre). È questo un caso *di determinazione indiretta,* di cui alla fine del precedente paragrafo. Uno degli esempî più notevoli di tal sorta di calcoli è la così detta *analisi armonica.*

Vi sono moltissimi fenomeni fisici che presentano un modo di variare *periodico,* pel quale, partendosi in un dato istante di tempo [1] da un certo stato di cose, le condizioni vanno poi variando fino ad un certo grado per retrocedere poi fino a ritornare allo stato primitivo; dopo di che questo modo di variazione si ripete continuamente con egual legge e in eguali intervalli di tempo. Questa variabilità periodica può essere semplice, com'è p. es. l'oscillazione di un pendolo intorno alla sua posizione d'equilibrio (nel caso di oscillazioni di piccolissima ampiezza), oppure, più esattamente, il caso teorico della vibrazione rettilinea di una molecola corporea da una parte e dall'altra di un punto verso il quale essa sia attratta con una forza proporzionale alla distanza. Si ha allora la variazione *armonica semplice.* Ma più spesso i moti periodici sono più complicati, come la vibrazione della corda sonora, la quale può idealmente concepirsi come risultante dal sovrapporsi di un grandissimo numero di oscillazioni semplici a quella pur semplice e fondamentale dalla quale dipende l'altezza del suono. Una ideale decomposizione di questo genere può farsi nel caso di qualsiasi moto periodico complicato, considerando lo stato del sistema variabile di cui si tratta, in un dato istante, come il risultante di quelli che singolarmente si avrebbero, se esso fosse soggetto all'una o all'altra di tante variazioni armoniche semplici. Matematicamente ciò equivale ad esprimere la legge di variazione del sistema con una formula contenente tanti termini periodici, ciascuno dei quali rappresenti una di tali variazioni semplici.

Un esempio classico si ha nel caso della oscillazione del livello marino in una data costa; qui la sovrapposizione di tanti diversi moti oscillatorî ha una ragione teorica nel modo di variare delle posizioni che hanno rispetto alla Terra i due astri perturbatori dell'oceano, il Sole e la Luna; ad ognuno degli

[1] Supponiamo, per semplicità di discorso, che una delle grandezze variabili che si paragonano sia il *tempo;* ma potrebb'essere un'altra quantità variabile qualsiasi.

elementi geometrici [1] da cui queste posizioni dipendono, corrisponde *un termine nella formola della marea.*

Ogni termine di una formola periodica contiene un *coefficiente* incognito; la determinazione di tali coefficienti è fondamentale per questa così detta *analisi armonica* dei fenomeni periodici, ed è una delle più belle applicazioni del metodo dei minimi quadrati. Il carattere generale di questo scritto non ci permette di porre in luce le ragioni matematiche che danno a questa specie di calcolo una particolare eleganza ed importanza di risultati.

IX.

Qualunque sia il problema che la teorica degli errori ci insegni a trattare, essa conduce alla fine a porre in evidenza quelli che possiamo chiamare *residui,* ossia differenze o scostamenti fra i dati dell' osservazione e quelli della teoria. Nel caso semplice della diretta misurazione di una grandezza fisica, questi residui sono le differenze o scostamenti fra i numeri ottenuti nelle singole prove e la loro media; nel caso della ricerca dei coefficienti d' una formola, di cui al paragrafo precedente, sono le differenze fra i valori *misurati* di una delle grandezze fisiche considerate e i valori di essa *calcolati* colla formola alla quale si è pervenuti.

La teoria della combinazione delle osservazioni procede nella ipotesi che gli errori siano puramente accidentali. Già più sopra (paragrafo V) si è detto come, in taluni casi, una tale ipotesi venga smentita dalla grandezza dell' indice di dispersione. L' esame dei residui può in modo più deciso trarci a conclusioni analoghe. Se, nel caso della diretta misurazione di una grandezza fisica, la definizione sperimentale di questa, nel senso detto da principio, è veramente possibile; se, nel caso della determinazione indiretta dei parametri di una formola, questa formola è veramente atta a rappresentare il fenomeno studiato; se di più, in entrambi i casi, non vi hanno nel metodo di misura seguìto cause sistematiche di errore, i *residui* dovranno avere il carattere di fenomeno del tutto accidentale, e questo carattere non dovranno perdere comunque

[1] Longitudine del sole, longitudine della luna, inclinazione dell' orbita lunare, longitudine del nodo lunare ecc.

essi si vengano ordinando vuoi rispetto al tempo, vuoi rispetto ad altra variabile fisica. Ogni qualvolta i residui, ordinati p. es. rispetto al tempo, presentano un andamento regolare o quasi-regolare, vi sarà ragione di credere che una causa variabile col tempo e della quale non si è tenuto conto, ha influito sul manifestarsi del fenomeno.

Si ha un buon numero di criterî matematici, per giudicare se, o no, un complesso di residui presenti i caratteri dell'accidentalità. Vi ha naturalmente nel giudizio molto di arbitrario, ma vi sono casi in cui l'evidenza della conclusione si impone. Senza entrare nei dettagli tecnici e nell'analisi dei criterî ora accennati, ci contenteremo di un esempio.

Le misurazioni di latitudine fatte a Carloforte in Sardegna nel periodo di tempo 1902-904 riunite in 36 medie presentano un modo di variazione abbastanza regolare, perchè si abbia ragione di sospettare che quell'elemento astronomico sia effettivamente variabile col tempo. Per dare una misura matematica del valore di questa presunzione, possiamo ragionare così. Se vi ha variazione col tempo, le differenze fra due medie consecutive saranno di pochissimo affetto da una cotale influenza e quindi l'indice di dispersione calcolato per mezzo delle differenze stesse poco o nulla risentirà di quella variazione, ma esprimerà abbastanza fedelmente la semplice azione degli errori accidentali. Orbene: calcolando in questo modo, si ottiene un indice di 0",044. D'altra parte fra la più grande e la più piccola delle 36 medie considerate si ha una differenza di 0",41. Quando si consideri quel complesso di 36 valori come accidentalmente oscillanti intorno ad un valor fisso, la probabilità della osservata differenza (0,41) è minore di *un diecibilionesimo;* il che è quanto dire che si può scommettere *uno* contro *dieci mila milioni* che le osservate oscillazioni nei valori della latitudine dipendono, almeno in parte, da una regolare variazione di questo elemento col tempo.

Pertanto la teorica degli errori, mentre ci insegna a trarre dal lavoro di osservazione i più sicuri risultati che è possibile e a giudicare del grado di fiducia che in questi si può riporre, compie pure un altro ufficio il quale quasi direi che col progredire degli studi sperimentali superi l'importanza degli altri due; quello di insegnare, in molti casi, che qualche cosa che si supponeva irreale, ossia dovuto soltanto a difetto dei nostri sensi e dei nostri mezzi d'osservazione, è invece reale qualità

della cosa misurata; che quello che supponiamo accidentale è invece sistematico ed ha in sè la traccia di una legge fisica non prima conosciuta.

Può dirsi che sotto questo punto di vista la teoria degli errori tenda, in ogni particolar problema nel quale si vadano raffinando i mezzi di indagine, a spogliarsi di quello che forma l'essenza sua, il concetto dell'accidentalità e a scemarne vieppiù il campo d'azione per dar luogo alla invenzione e allo studio delle variazioni sistematiche. In questo studio minuto, ma fecondo, dei residui o delle contraddizioni fra quello che teoricamente si supponeva e ciò che l'osservazione ci dà, si ebbe in passato e si ha tuttora una delle più forti ragioni del progredire degli studî; qui si può dire che ogni ricercatore, per quanto modesto, può aprire una finestra sopra un campo sconosciuto. Ed è il caso di ripetere con Bacone: *si quis huiusmodi rebus, ut nimium exilibus et minutis, vacare nolit, imperium in naturam nec obtineri, nec geri posse* [1].

X.

Non bisogna attendere *troppo* dalla teoria qui a larghi tratti esaminata, nè dal punto di vista di un indefinito raffinamento dei risultati medii, né da quello della critica delle osservazioni e della scoperta degli errori sistematici di cui abbiamo discorso da ultimo. Vi hanno errori sistematici ben difficili a porre in evidenza; l'esempio più semplice (ma non l'unico) è quello dell'errore assolutamente *costante* il quale altera i risultati senza togliere ai residui i caratteri dell'accidentalità. I criterî indicati dalla Teoria degli errori non esentano pertanto l'osservatore del far uso di tratto in tratto di quel mezzo radicale che il buon senso ha in ogni epoca suggerito, il raffronto cioè fra i risultati ottenuti con metodi e con principî affatto diversi. Solamente dopo che raffronti di tal genere hanno dati risultati concordanti, o dopo che siano scoperte le ragioni di eventuali discordanze, lo studioso può avere la sicurezza di trovarsi in possesso di solide conclusioni.

Ma se dalla teorica degli errori non bisogna attendere troppo, sarebbe altrettanto ingiusto disconoscere i servizî che essa ha reso e può rendere. Nell'Astronomia e nella Geodesia,

[1] Novum organum, pars 2ª, CXXXI.

che costituiscono il suo principal campo d'azione, essa ha effettivamente cooperato a risolvere problemi d'importanza fondamentale. In tutto il rimanente campo delle scienze d'osservazione, non sembra fuor di luogo asserire che da una razionale applicazione di quella teoria non pochi risultati possono essere resi più sicuri e molte conclusioni immature essere evitate.

Università di Pisa.

PAOLO PIZZETTI

LE PRINCIPE D'INERTIE

ET LES DYNAMIQUES NON-NEWTONIENNES.

Dans un article paru dans le premier numéro de cette *Rivista*, M. Emile Picard a familiarisé les lecteurs avec une conception progressive de la Mécanique, avançant par approximations successives.

C' est dans le même ordre d'idées que j' écris les pages suivantes, où je reprend un sujet que j' ai traité dans mon livre *Problemi della Scienza* [1].

Le principe d' inertie que l' on rencontre au début de la Mécanique classique, soulève de graves difficultés aussitôt qu'on le soumet à une analyse approfondie. C'est que d'abord sa signification elle-même apparaît liée au *mouvement absolu*, et que cette conception, bien que crée par Newton, ne saurait satisfaire aujourd'hui les esprits critiques; en outre le rôle de l' hypothèse d'inertie semble difficile à saisir par rapport au développement de la Dynamique newtonienne.

Il y a lieu d'essayer la construction d' une *Mécanique relative et locale*, où le mouvement est rapporté à un repère (mobile) quelconque, en faisant abstraction du monde extérieur. Alors une partie de la Mécanique classique demeure invariant: c' est la Statique et la Dynamique du mouvement commençant.

La continuation du mouvement ne saurait être prévue si on n'introduit une hypothèse, où l' on tient compte de la *solidarité* de notre repère avec le monde extérieur. Pour de vitesses assez petites et de mouvements de courte durée, cette

[1] Bologna. Zanichelli, 1906 (cap. V, VI). — Voir aussi T. Levi Civita « Le idee di Enriques sulla Meccanica ». *Rivista di Filosofia e Scienze affini*. Padova, 1907.

hypothèse se réduit en une première approximation à un principe, qui renferme celui d'inertie, et que nous appelons le *principe d' inertie généralisé.*

C'est le principe qui sert de base à la Dynamique newtonienne; et il est bien connu que celle-ci se trouve très sensiblement vérifiée par les observations planétaires, lorsqu'on rapporte le mouvement aux étoiles (à peu près) fixes.

Maintenant un doute se soulève tout naturellement: le principe newtonien ne serait même en ce cas, qu'une vérité approchée? alors l'étude de phenomènes où interviennent des vitesses supérieures exigerait peut-être quelques corrections, et il faudrait remplacer l'inertie par un'hypothèse de solidarité plus compliquée, donnant lieu à une Dynamique non-newtonienne.

C'est ce doute que je tâche à éclaircir en rapprochant les Dynamiques non-newtoniennes à quelques théories physiques récentes (électro-magnétisme, rayons catodiques etc), où une explication mécanique d'après les postulats de Newton semble démentie par les faits.

Les expériences élémentaires et le principes d'inertie.

On ne rencontre d'ordinaire aucune difficulté à faire accepter le principe d' inertie à ceux qui commencent l'étude de la Mécanique.

Voici une bille appuyée sur un plan horizontal; il est aisé de constater qu'elle est en équilibre quelque soit la position où elle se trouve, ce que l'on exprime en disant qu' elle n'est pas sollicitée par de forces. Nous discuterons bientôt cette interpretation; en l'acceptant pour le moment, poursuivons la description de notre expérience.

Donnons un petit choc à la bille; celle-ci se mettra en mouvement et ce mouvement se continuera pendant un certain temps, mais s'arrêtera toujours plus tôt ou plus tard. Cependant plus on a eu soin de diminuer le frottement, plus la bille mantient la vitesse acquise par le choc initial. On conçoit que, *s'il n'y avait pas de frottement,* la vitesse se mantiendrait rigoureusement invariable et par suite la bille ne s' arrêterait jamais.

Cette conclusion à la limite se trouve justifiée par d'autres considérations. Si l' on remplace le plan horizontal par un plan incliné, on aura une force constante agissant sur la bille,

qui est appuyée, en n' importe quel point, sur le plan. En ce cas la bille, si elle est abandonnée à elle-même ou si elle subit un petit choc initial, se mouvera en descendant avec une vitesse croissante, et l'accroissement de vitesse (c'est à dire l'accélération) sera proportionnel à la force que agit sur la bille (son poids réduit par rapport à l'inclinaison du plan).

Mais si on se croit autorisé à interpreter ces expériences en postulant une proportionnalité exacte entre la force et l' acceleration qu'elle produit, on en déduit qu'à la limite, lorsque, le plan aboutissant à la position horizontale, il n'y aura plus de forces agissant sur la bille, la vitesse de celle-ci se mantiendra constante; ainsi le principe d' inertie nous apparait comme la forme limite de la loi de dépendance entre l' acceleration et la force, lorsque celle-ci s' évanouit. Et c'est bien là l' origine historique du principe d' inertie, que M. Mach rappelle dans son ouvrage classique sur le développement de la Mécanique.

Pour accorder la conception théorique de l'inertie avec le fait brut du mouvement de la bille sur un plan horizontal, on a recours au frottement, en attribuant ainsi une influence attenuée à certaines causes retardatrices du mouvement qui agissent plus fortement lorsque la bille se meut sur une surface qui n' est pas polie.

Faisons abstraction du frottement; cela veut dire que nous remplaçons l' expérience réelle par un' autre expérience idéale où l' on a un plan rigoureusement poli. Néanmoins d'autres difficultés surgissent à l'esprit quand on se représente le mouvement de la bille se continuant sans fin sur notre surface horizontale. C' est qu' en tenant compte de ce que la terre est ronde, on est obligé à choisir entre deux hypothèses: ou bien la surface donnée n'est pas un plan (s'approchant d'une sphère qui a le même centre que notre planète), ou bien, cette surface étant plane et rigoureusement polie, la bille ne se trouvera pas en équilibre qu'en un point bien déterminé, c'est à dire en le point le plus bas de celle-ci (le point le plus voisin à la terre).

Il n'y a pas à s'étonner de ces conclusions. L'expérience élémentaire dont nous sommes partis se rapporte à un corps sollicité par la gravité; cette force, il est vrai, est balancée par la résistance de la surface sur laquelle la bille se trouve appuyée, et par suite il est permis en une première approximation de

la negliger en traitant la bille comme un point matériel qui n'est pas sollicité par de forces; mais il serait étonnant que cette simplification hypothétique réponda à toutes les conditions de l'expérience indéfiniment poursuivie.

Il suffit d'avoir abandonné la conception géocentrique du monde pour qu'on ne doute pas qu'il y a lieu ici à une nouvelle correction, c'est à dire qu'il faut procéder à une abstraction successive en remplaçant la bille par un point matériel très éloigné de tous les autres. Par cette hypothèse nous éliminons les forces agissant sur le point (ces forces étant conçues comme des actions de la matière environnante qui deviennent très faibles lorsque celle-ci est éloignée); nous nous plaçons donc en de circonstances simples en lesquelles nous sommes amenés à admettre comme vrai le *principe d'inertie,* que nous enoncerons de la façon suivante: *un point matériel très éloigné de tous les autres se meut en ligne droite avec une vitesse uniforme.*

L'inertie et le mouvement absolu.

Nous venons de reconnaître par quelles abstractions successives on est été amené à postuler le principe d'inertie qui se trouve à la base de la Mécanique classique. Mais il y a lieu de se demander quel sens pourra-t-on accorder au postulat ainsi établi. Cette analyse est d'autant plus nécessaire que toute abstraction, en vidant les mots de leur signification habituelle, risque d'aboutir à de propositions qui ne signifient plus rien.

Que le lecteur en juge par cet exemple!

Dans l'experience de la bille, on visait le mouvement, considéré par rapport à la terre; on parlait donc d'un *mouvement relatif.* Mais le principe d'inertie considéré comme un postulat général de la Dinamique ne saurait se rapporter à ce même mouvement relatif.

Pour s'en convaincre il n'importe même pas de developper quelques conséquences de la Dinamique théorique et de montrer par le fait qu'il y a contradiction avec l'expérience [1]; quiconque aura abandonné la conception géocentrique du monde, ne doutera pas à priori qu'il n'y ait aucune raison

[1] On fait allusion particulièrement aux expériences sur la pendule de FOUCAULT, et à la *déviation orientale* des corps lancés à la surface de la terre (voir la note à pag. 30).

pour que le principe d'inertie exprime une propriété du mouvement par rapport à la terre plûtot qu'au soleil ou à une autre étoile quelconque; et cependant les corps célestes sont en mouvement relatif les uns par rapport aux autres, de sorte que le principe d'inertie ne saurait régir également le mouvement d'un point matériel rapporté à ces repères différents.

On sait comment Newton s'est ôté d'embarras. D'après sa conception, la Dynamique, dont la loi d'inertie constitue un des principes fondamentaux, vise le *mouvement absolu,* conçu par rapport à l'espace immobile; c'est cet espace, et non point les corps qui se meuvent à son intérieur, qui constitue le repère du mouvement.

Cette conception repugne aujord'hui à notre esprit, quoique l'on puisse trouver de philosophes arriérés pour la soutenir; on en trouve toujours pour défendre toute sorte d'opinions que la critique a condamnées!

À un point de vue positif, il suffit de remarquer que le mouvement absolu est défini de façon qu'il est impossible d'*imaginer* une expérience par laquelle on puisse le reconnaître; il n'en faut pas davantage pour déclarer qu'il s'agit d'un mot dépourvu de sens réel.

Le « mouvement » ne saurait désigner que la variation relative des corps les uns par rapport aux autres.

Que deviendra alors le principe d'inertie?

Pour le comprendre il convient de suivre le procédé de corrections successives qui amène à dégager ce principe des experiences élémentaires que nous avous rappelées cidessus. En une première approximation, on prend en considération le mouvement par rapport à la terre regardée comme fixe; on obtient une approximation successive en tenant compte du mouvement de la terre par rapport au soleil et aux étoiles.

En prenant les étoiles comme repère du mouvement on aura donc la véritable signification que reçoit le principe d'inertie lorsqu'on se soulève au dessus du point de vue géocentrique; partant, ce principe nous apparaîtra seulement comme une loi expérimentale *mieux approchée* que celle que nous avions établie par rapport à la terre, et pas du tout comme une loi rigoureuse; en effet en prenant les étoiles comme fixes on néglige leurs mouvements relatifs, qui cependant deviennent très considerables si l'on poursuit des observations pendant une période de temps assez longue.

Ces considérations, je le sais bien, ne sauraint satisfaire certains esprits mathématiques qui cherchent dans nos connaissances quelquechose d'absolu qui ne leur appartient pas. C'est même pour échapper aux conclusions de la critique précédente qu'on a inventé un certain corps α, par rapport auquel le mouvement satisferait exactement au principe d'inertie.

Cette invention renferme d'ailleurs un'hypothèse que rien ne saurait justifier; on prétend de conférer à la Dynamique una validité rigoureuse qui dépasserait toute expérience possible.

Mais, hélas! il ne suffit pas de forger un nom pour faire avancer notre science! De ce corps α qui devrait remplacer l'absolu de la Dinamique newtonienne nous ne savons rien, sauf que, étant donnée son existence, il devrait conserver une orientation constante par rapport aux étoiles, et cela dans le même ordre d'approximation suivant lequel il est permis de considérer ces étoiles comme fixes.

La seule conclusion positive à laquelle nous pouvons nous arrêter est donc la suivante:

Par l'interprétation de certaines expériences élémentaires effectuées sur la terre, et par la comparaison de certaines données astronomiques, on est amené à penser que le principe d'inertie, exprimant déjà une loi approchée du mouvement par rapport à la terre, exprimera une loi mieux approchée si l'on rapporte le mouvement à un autre repère conservant un'orientation constante par rapport aux étoiles; et que l'approximation sera d'autant plus grande si l'on se rapporte à des étoiles (très éloignées) dont les mouvements relatifs sont moins sensibles.

Par rapport à un tel repère, un corps que l'on peut considérer comme un point matériel isolé, se meut en ligne droite avec une vitesse uniforme.

C'est ce que l'on constate en effet pour les corps célestes: le mouvement des planètes satisfait déjà au principe pendant un certain temps assez court; les étoiles, dont on peut constater le mouvement, satisfont à la même loi d'une façon sensiblement exacte; et il y a lieu d'observer qu'il s'agit ici de corps beaucoup plus éloignés de tous les autres, remplissant mieux aux conditions demandées.

Voilà tout ce qui reste du principe d'inertie: une loi

approchée dont le degré d'approximation, tout au moins pour ce qui se rapporte à la vérification directe, dépend visiblement de ce que les distances mutuelles des étoiles sont très grandes en comparaison de leurs vitesses et du temps pendant lequel nous en suivons les mouvements relatifs.

Rôle du principe d'inertie: principe d'inertie généralisé.

Mais il ne suffit pas d'examiner les faits qui sont directement exprimés par l'hypothèse de l'inertie. Il faut aussi reconnaître le rôle de cette hypothèse par rapport aux fondaments de la Dinamique classique, et dégager les conséquences que en découlent.

D'après Newton, il y a deux postulats distincts de la Dinamique, qu'il énonce sous les noms de Lex I et de Lex II. Le premier c'est la loi d'inertie; le second affirme que la force est proportionelle à l'accélération qu'elle produit, et que le coefficient de proportionnalité est la masse du corps mobile (considéré comme un point matériel).

La critique moderne reproche à Newton d'avoir énoncé un postulat superflu; ainsi d'après M. Mach la Lex I n'exprime qu'un simple cas particulier de la Lex II, de sorte qu'il n'y a pas de raisons pour lui donner une place à part.

C'est là l'opinion de géomètres éminents; mais je ne saurais partager le point de vue trop mathématique qui l'inspire. En effet, en me plaçant au point de vue physique, je ne vois pas que la loi de proportionnalité entre la force et l'accélération, telle que Newton l'a conçue, puisse recevoir l'interpretation étendue qu'on lui donne en considérant de *forces agissant sur des points mobiles.*

Je ne doute pas que Newton conceva sa Lex II non pas comme une *définition dynamique* de la force (d'après la conception des nominalistes modernes) mais comme une hypothèse de fait dont la signification est liée à la *définition statique* de la force. Mais s'il en est ainsi, cette Lex II ne saurait se rapporter qu'au *mouvement commençant,* et il y aura lieu d'introduire une autre hypothèse qui permette de ramener la continuation du mouvement à ce cas élémentaire.

Il semble que c'est là le rôle du postulat d'inertie dans la pensée de Newton. Ayant conçu les *forces comme des actions istantanées à distance,* il a du penser sa Lex I comme équivalente au principe suivant:

En chaque instant le mouvement d'un point matériel donné se continue de telle sorte que la position et la vitesse acquise par le point en un instant successif sont celles qu'il acquièrerait s'il avait été arrêté et on le laissait partir d'un état de repos, sous l'action des forces qui le sollicitent en la position où il se trouve, et en lui ajoutant la vitesse qu'on suppose lui avoir ôté.

Il est sous-entendu que les forces sollicitant un point en repos se mesurent statiquement, et il faut ajouter que dans l'hypothèse précédente on suppose qu'en arrêtant le point matériel en mouvement on ne déplace pas les corps qu'on conçoit comme produisant les forces qui agissent sur lui.

En vérité le postulat que je viens d'énoncer n'est pas équivalent à la Lex I de Newton, si on n'admet pas que les forces soient produites par des actions istantanées de la matière à n'importe quelle distance; mais ce sont là les seules forces que Newton ait eu à considérer.

Partant, si l'on veut exprimer complètement ce que Newton admet, en partie sans le déclarer explicitement, il convient de remplacer sa Lex I par le postulat que nous venons d'énoncer, et que nous pourrons désigner sous le nom de « *principe d'inertie généralisé* ».

Sous cette forme on voit clairement quel est le rôle de l'hypothèse introduite; il s'agit de *ramener la continuation du mouvement à la loi élémentaire du mouvement commençant.* Et à ce point de vue toutes les observations sur les mouvements des planètes confirment le principe par une vérification indirecte, qui a pourtant un degré d'approximation étonnant [1].

[1] L'écart maximum de la prévision théorique établie sur les hypothèses newtoniennes correspond à un angle de 8", soit la moitié de 1" de temps, dans le mouvement de Mercure pendant un siècle. Pour les autres planètes l'écart angulaire ne surpasse par 2". Pour la lune il atteint 15" (1" de temps) en deux siècles et demi.

Voire TISSERAND, *Traité de mécanique céleste*, T. IV, chap. 29.

Dynamique relative dans le boulet de Jules Verne.

La validité du principe d'inertie généralisé dépend étroitement du repère auquel on rapporte le mouvement; en effet la verification astronomique, dont nous parlions tout à l'heure, suppose un repère conservant une orientation invariable par rapport aux étoiles fixes; cette vérification fait défaut p. ex. si le mouvement des planètes est rapporté à la terre, considérée comme invariable.

Or il y a lieu de se proposer la question suivante:

Transportons-nous par la pensée dans le boulet de Jules Verne se mouvant d'une façon inconnue par rapport aux étoiles. Les expériences directes que nous pouvons effectuer dans notre domaine nous renseignent au sujet d'une *Dinamique relative* au boulet, le mouvement étant rapporté à ce repère.

En quoi cette Dynamique relative sera différente de la Dynamique newtonienne, dont le repère (à peu près invariable par rapport aux étoiles) est considéré comme absolu?

La réponse nous est fournie par un théorème connu de Coriolis: on aura d'abord dans le boulet une *Statique* parfaitement semblable à la Statique ordinaire; en outre on trouverà verifiée la loi de la proportionnalité de l'accélération à la force, conçue comme une loi du *mouvement commençant;* c'est seulement la continuation du mouvement qui ne s'effectuera plus d'après les lois newtoniennes, c'est à dire que le principe d'inertie généralisé ne s'appliquera plus à ce cas.

Cette conclusion découle d'une analyse mathématique très simple; mais l'interpretation de celle-ci exige de considérations un peu délicates: il faut prendre garde que la mesure statique de la force a, elle aussi, une signification relative, et il faut tenir compte des forces en général variables qui sollicitent un point matériel transporté en une position quelconque de notre domaine; d'ailleurs ces forces peuvent être déterminées par un exploration convenable, sans sortir du boulet.

C'est exactement ce procédé que l'on suit pour établir la Dynamique sur la terre, où l'on a un champ de forces constantes, dues à le gravité.

Je disais que le principe d'inertie généralisé tombe en

défaut lorsqu'il s'agit de Dynamique relative. Arrêtons-nous sur un exemple qui reproduit agrandies les circostances de la Dynamique terrestre. Supposons que notre boulet tourne assez rapidement autour d'un axe. Pour reconnaître directement cette rotation il foudrait ouvrir une fenêtre d'où l'on puisse observer les étoiles. En défaut de ce moyen nous pourrons constater la force centrifuge tendant à éloigner tout corps de l'axe; mais cette même force pourrait être définie de plusieurs façons différentes en un boulet qui ne tourne pas; il suffirait p. ex. d'avoir recours à des charges électriques, etc.

La simple exploration statique ne sert pas à établir la difference entre les deux cas. C'est le mouvement d'un point matériel qui va nous la montrer, puisque dans le premier cas le principe d'inertie généralisé doit être remplacé par une loi plus compliquée où l'on ajoute en chaque instant une certaine *accélération complémentaire.*

Si donc on avait accepté l'hypothèse qui est exprimée par le principe d'inertie, on aurait à constater une *déviation* du mouvement par rapport aux prévisions établies [1].

Quant à la grandeur de cette déviation, on voit d'abord qu'elle augmente avec la vitesse de rotation du boulet, avec la vitesse du mouvement observé à son intérieur et avec la durée du temps auquel s'étend l'observation.

Quelque soit d'ailleurs la première vitesse, la déviation dont on parle tombera au dessous de toute constatation sensible, pourvu que l'on se borne à un *mouvement de courte durée* avec une *vitesse assez petite. En ce sens le principe d'inertie généralisé exprime une loi approchée de tout mouvement relatif.*

Les Dynamiques non-newtoniennes.

Les remarques que nons venons de developper au sujet de la Dynamique relative, amènent à des vues interessantes au point de vue philosophique.

D'après ces remarques, *la mécanique newtonienne nous apparaît vraie en un certain ordre d'approximation quelque soit*

[1] La même considération fait prévoir une *déviation orientale* des corps lancés à la surface de la terre, et cette prévision a été en effet verifiée par TADINI (1796) et REICH (1831).

le repère auquel on rapporte le mouvement, pourvu que la durée et la vitesse de celui-ci soient assez petites par rapport à de données dépendant du repère choisi.

Cela signifie que, *entre certains limites* de durée et de vitesse, les phénomènes mécaniques peuvent être coordonnés en une *science locale*, où l'on suppose établies par un'exploration convenable les forces relatives qui agissent à l'interieur du champ donné, et l'on nèglige tout à fait les rapports cntre ce champ et le monde qui l'entoure.

Au-de-là des limites indiqués, cette Mécanique locale, qui est indépendante du repère considéré, ne répond plus aux prévisions concrètes, et on a une *première correction* en tenant compte du mouvement du repère par rapport aux étoiles; c'est là aussi la seule correction nécessaire si l'on accepte la conception newtonienne, en supposant que les actions exercées par les corps extérieurs se traxmettent d'une façon istantanée sur la matière qui se trouve à l'intérieur de notre champ.

Qu'arrivera-t-il si on repousse cette hypothèse en admettant que les actions à distance se transmettent avec une vitesse finie quoique très grande?

En ce cas, la correction due au mouvement du champ ne suffira plus, tout au moins lorsqu'on envisage de vitesses assez grandes et l'on poursuit l'étude des phénomènes mécaniques pendant un temps assez long. Partant, en ces circonstances il y aura lieu à introduire une *correction successive,* qui se trouvera exprimée par una nouvelle hypothèse, affirmant la *solidarité* de notre champ d'observations avec le monde extérieur.

Ainsi donc: en une première approximation on a une Mécanique purement locale (indépendante du repère auquel on se rapporte); pour des vitesses et des durées assez considérables il faut tenir compte des liens qui rattachent notre champ d'observations au monde extérieur; cette solidarité se trouve-t-elle exprimée d'une façon adéquate par le principe d'inertie généralisé, conçu comme une loi du mouvement rapporté aux étoiles?

C'est là l'hypothèse newtonienne qui se trouve satisfaite dans l'ordre des grandeurs astronomiques (vitesses des corps célestes etc.).

Au-de-là de ces limites nous n'en savons rien. Il nous

n'est pas donné de comparer nos observations avec celles d'un observateur qui aurait un autre échelon de grandeurs.

Mais il se peut que nous soumettions à l'expérience des mouvements où l'on ait de vitesses d'un ordre supérieur. En ce cas il ne subsiste aucune raison à priori pour que l'hypothèse newtonienne réponde aux prévisions concrètes qu'elle amenera à établir.

Ainsi donc le quadre de la Mécanique classique s'élargit. En laissant tomber le principe d'inertie généralisé et en le remplaçant par quelques hypothèses de solidarité plus générales, on donnera lieu à des *Mécaniques non-newtoniennes,* dont la *Mécanique newtonienne* s'approchera d'autant plus qu'il s'agit de vitesses assez petites.

Ce qu'il y a de commun à ces Mécaniques ce sera la Dynamique du mouvement commençant.

Sur l'explication mécanique de certains phénomènes physiques.

Maintenant, quel intêret peuvent présenter de spéculations pareilles? Il semble d'abord qu'elles seront stériles, puisque nous ne voyons pas de mouvements s'effectuant avec de vitesses d'un ordre supérieur aux vitesses astronomiques. En effet il semble parfaitement inutile de dire que tel phénomène est plus compliqué que ce que nous croyons, si cette complication dépasse les limites de nos observations.

Mais il ne faut pas oublier que la *Dynamique des mouvements visibles* n'est qu'une partie de ce que nous étudions sous le nom de Dynamique.

Dans une acception étendue, la Dynamique tâche à expliquer, par une représentation hypothétique de mouvements invisibles, toute sorte de phénomènes physiques que nous percevons sous la forme de chaleur, lumière, etc. Cette extension de la Dynamique apparaît justifiée, à un point de vue psychologique, par le besoin de poursuivre la représentation du réel d'après une loi de continuité; en effet la continuité semble rompue toutes les fois que le mouvement s'èvanouit à nos yeux et que d'autres phénomènes apparaissent *ex novo* à sa place. En outre cette même extension se justifie aussi à un point de vue logique, parce que l'hypothèse que le mouvement

visible se continue en ces cas en un mouvement invisible fournit un moyen d'approximations successives à l'étude des faits.

Que l'on envisage la Dynamique étendue comme un moule ou l'on cherche à enfermer l'explication des phénomènes physiques; à ce point de vue on pourra rencontrer des vitesses beaucoup supérieures à celles que nous sommes accoutumés à reconnaître dans le mouvement visible. Partant il n'y aura aucune raison à priori pour admettre que le principe d'inertie généralisé trouve ici une application légitime. Ainsi nous ne serons pas étonnés que de faits nombreux semblent contredire à ce principe newtonien ou plus directement à ses conséquences; que p. ex. les phénomènes de frottement et de hystéresis contradisent au principe de *non-hérédité* qui est implicitement postulé par la Dynamique newtonienne, et que le principe newtonien *d'action et réaction* (qui est une conséquence directe de l'inertie quant on admet une certaine symétrie statique) se trouve battu en brèche par l'étude des phénomènes électromagnètiques etc.

Les nouvelles Dynamiques non-newtoniennes que l'on peut constituer, en laissant tomber le principe d'inertie généralisé, nous ouvrent une perspective immense; de nouvelles explications mécaniques des phénomènes physiques peuvent être tentées en plusieurs sens differents. Il n'y a que l'embarras du choix; et cet embarras provient de notre ignorance puisque nous n'avons pas encore atteint la seconde aproximation qui doit remplacer le postulat newtonien de l'inertie.

Cependant je ne puis laisser ce sujet sans rappeler les essais recents qui se rapportent à la *Dynamique des électrons* (c'et à dire à la Dynamique des rayons formant l'objet d'études à l'ordre du jour). On sait que le principe d'inertie vient remplacé ici par quelques hypothèses de solidarité qui trouvent leur représentation convenable dans la construction d'un *éther*.

Cette Dynamique des électrons pourra-t-elle nous fournir la base pour une nouvelle Dynamique de la matière?

C'est là un désideratum qui se rattache étroitement à celui d'une *théorie électrique de la matière*. Mais il ne serait pas prudent de se prononcer là-dessus pendant que les physiciens attaquent la question de plusieurs cotés.

Il me suffira d'appeler l'attention sur un problème qui se rapporte à cette Dynamique électrique *in votis:* j'entend la *définition de la masse*.

Pour de vitesses assez petites la masse (électromagnétique) d'un électron se réduit proportionnelle au *carré* de la charge électrique. Or, si la matière est conçue comme une réunion d'électrons, en quel rapport se trouvera la masse de la matière avec les charges des électrons composants? Elle ne saurait être proportionnelle au carré de la charge totale, puisqu'elle ne jouirait plus de la propriété associative qui lui appartient.

Il faudra donc admettre que les électrons, composants la matière, se meuvent avec de vitesses qu'il n'est pas permis de négliger; et on est amené à un problème de *Mécanique statistique* qui semble digne d'intéresser les géomètres.

Università di Bologna.

FEDERIGO ENRIQUES

LE BASI DELLA CRISTALLOGRAFIA TEORETICA.

1. I metodi di classificazione.

Molti poliedri cristallini posseggono la proprietà di poter in molti modi diversi esser decomposti in parti uguali; di essi si dice che posseggono un alto *grado di simmetria.* Per esempio, un ottaedro regolare, come si trova in natura fra altro nel minerale magnetite, si può dividere in 8 parti perfettamente uguali ed equivalenti e cioè in 8 piramidi triangolari, ognuna delle quali ha per vertice il centro dell' ottaedro e per base una delle faccie del medesimo; il grado di simmetria dell' ottaedro ammonta quindi almeno ad 8. Da una di tali piramidi si possono ora immaginare originate le altre, mediante rotazione intorno al centro dell' ottaedro; si può quindi considerare come causa prima della esistenza della suaccennata simmetria, un *asse di rotazione,* che nel nostro esempio passa pel centro e per uno dei vertici dell' ottaedro. Si può inoltre immaginare che una di queste piramidi dia origine alle altre mediante riflessione in uno specchio; i piani che debbono servire come specchi debbono passare pel centro e per uno degli spigoli dell' ottaedro, cosicchè essi contengono necessariamente altri tre spigoli.

Noi possiamo quindi parlare di una simmetria rispetto ad un *piano* (precisamente rispetto al piano che funziona da specchio), mentre la simmetria di rotazione può essere designata quale simmetria rispetto ad un asse. Infine si può anche parlare di una simmetria rispetto ad un *punto* (centro).

Per spiegarci bene quest' ultimo genere di simmetria, immaginiamo che una matita, appuntita alle due estremità, venga ruotata intorno al centro dell' ottaedro: mentre una delle due punte segue i contorni di una faccia, l' altra traccia

i contorni della faccia diametralmente opposta. Noi vediamo quindi: mediante un piano di simmetria otteniamo da una faccia fondamentale un' altra faccia che la incontra in uno spigolo; per mezzo di un asse, una che la incontra in un angolo solido; mediante un centro, la faccia diametralmente opposta.

Mentre due corpi che si generano reciprocamente per rotazione possono esser fatti coincidere, due figure che si generino mediante un piano od un centro di simmetria nonostante l' uguaglianza di tutte le loro parti corrispondenti, non possono esser fatte coincidere: si designano perciò queste due ultime specie di simmetria come simmetria inversa, quella rispetto ad un piano come simmetria diretta.

Abbiamo già visto che il grado di simmetria di un ottaedro è almeno 8; vogliamo ora mostrare che ognuna di queste 8 parti può di nuovo esser decomposta in 6 piramidi uguali e che cioè il grado di simmetria dell' ottaedro sale a 48. Dividiamo perciò ognuna delle faccie dell' ottaedro secondo le mediane del triangolo, nel modo indicato dalla fig. 1, e co-

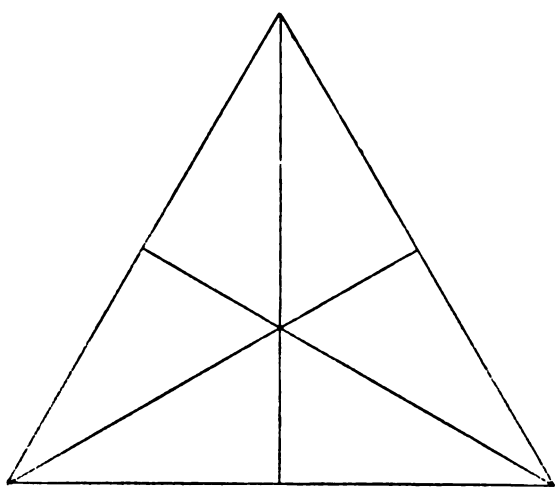

Fig. 1

struiamo sopra ognuno di questi 6 triangoli le rispettive piramidi, che hanno il vertice nel centro dell' ottaedro. Una tale piramide è ora completamente asimmetrica: essa può

infatti rioccupare la sua posizione primitiva solo mediante un rivolgimento completo, ma non mediante alcun'altra operazione di simmetria! Colla ora descritta scomposizione in 48 parti noi abbiamo quindi trovato in qual modo si possa costruire un ottaedro regolare partendo da parti asimmetriche.

Il cristallografo ricerca ora per ogni poliedro cristallino il grado di simmetria e il modo in cui esso può esser scisso in parti asimmetriche in modo analogo a quanto è stato mostrato per l'ottaedro; e quantunque il numero delle forme cristalline possibili sia infinito, tuttavia questa ricerca conduce ad un numero relativamente piccolo di modi di scissione, poichè molti corpi concordano riguardo al loro genere di simmetria. Come esempio di ciò, può essere citato il cubo che si lascia dividere in 48 piramidi asimetriche esattamente come l'ottaedro. A questo scopo noi dobbiamo, come mostra la fig. 2, dividere

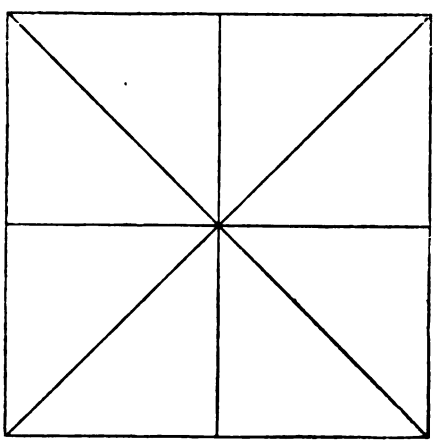

Fig. 2

ogni faccia del cubo in 8 triangoli; siccome il cubo possiede 6 faccie, così prendono origine 48 piramidi col vertice nel centro del cubo. Una sostanza che cristallizzi in cubi (p. es. il sal comune) può quindi, cambiando le condizioni esterne, assumere anche le forme dell'ottaedro; il segreto delle forze cristallogenetiche del sal comune non deve quindi esser ricercato nè nelle proprietà del cubo, nè in quelle dell'ottaedro solamente, ma bensì in quelle comuni a questi due solidi.

La proprietà sostanziale che questi due corpi hanno in comune è ora quella di poter venir decomposti in 48 parti asimmetriche; come relativamente insignificante deve invece esser considerata la circostanza che queste piramidi siano limitate da faccie del cubo o dell' ottaedro.

Questa proprietà può esser illustrata in modo assai chiaro rendendo mobili le faccie che limitano esteriormente le piramidi; si ottiene questo utilizzando come tale la superficie libera di una massa di mercurio che si versa in una forma cava, costituita internamente da specchi in modo da riprodurre le altre faccie della piramide. Muovendo questa forma ed alterando mediante inclinazioni opportune la lunghezza degli spigoli coperti dal mercurio, si crede di aver dinanzi a sè, in causa del rispecchiarsi della superficie metallica sulle pareti, ora il cubo, ora l' ottaedro. Si può quindi dire che, come riesce facile alla mano dell' uomo di riprodurre le diverse forme disponendo diversamente il modello, così riesce facile alla natura mediante diverso aggruppamento delle stesse particelle fondamentali, di produrre le forme più diverse intorno ad un centro di cristallizzazione. Nonostante ogni variazione della forma, i piani che separano fra di loro le parti equivalenti rimangono fissi. Nella nostra rappresentazione questi piani fissi intervengono sotto forma di superfici riflettenti: nei cristalli naturali essi non sono bensì piani effettivamente delimitanti, ma sono tuttavia completamente invariabili rispetto alle forze cristallogenetiche.

Nella botanica Linneo considerava come il carattere fondamentale delle diverse piante il numero degli stami e le classificava secondo questo criterio: ugualmente il cristallografo utilizza un unico carattere e cioè il grado di simmetria; egli classifica quindi le forme cristalline secondo il modo con cui esse si possono decomporre in parti uguali ed asimmetriche. Noi troviamo però qui subito una differenza sostanziale; il numero degli stami può essere assai grande e solo mediante l' artificio di usare la designazione « poli » appena si trovavano presenti più di 10 stami, Linneo poteva giungere ad un numero limitato di classi. Nella cristallografia invece la disciplina matematica conosciuta sotto il nome di teoria degli aggruppamenti permette di trattare tutti i casi in egual modo e di fornire la prova che effettivamente nessun caso di simmetria possibile è stato trascurato.

E qui si giunge al risultato sorprendente che già i geometri ed i filosofi dell' antichità avevano in certo modo intuito i varî casi di simmetria possibili. Poichè è bensì vero che una chiara definizione del concetto di simmetria non era stata ancora data, ma già da molti e varî fantastici tentativi degli antichi astronomi di spiegare la disposizione dei mondi per mezzo della simmetria delle figure regolari, si riconosce come fin d' allora gli scienziati fossero involontariamente influenzati dall' idea di simmetria. Anche nel medioevo, sotto l' influenza degli scritti dell'antichità, si riprodussero tali speculazioni in parte mistiche, che debbono esser attribuite all' azione inconscia del senso della simmetria innato nell' uomo. Uno Scolastico si arrischia perfino ad affermare che Dio deve necessariamente avere la forma di una sfera, poichè la sfera è la figura più perfetta e Dio come l' essere più perfetto deve anche avere la forma più perfetta. Se si fosse chiesto a questo filosofo perchè egli ritenesse la sfera come la figura più perfetta, egli avrebbe risposto, perchè ogni piano condotto attraverso il suo centro la divide in due metà uguali, mentre per tutti gli altri corpi si possono indicare piani diametrali lungo i quali si ha una divisione in due parti disuguali. Tradotto in linguaggio moderno, questo significa che la sfera possiede fra tutti i corpi il maggior grado di simmetria e che si può prendere il grado di simmetria di un corpo come misura del suo grado di perfezione. Così l' affermazione di quello scolastico si ricongiunge all' ordine di idee della cristallografia, la quale ultima però non riguarda come suo campo di ricerca la divisione della simmetria continua (come è posseduta dalla sfera e da tutti i solidi di rotazione) ma bensì lo studio della simmetria discontinua. Il numero dei piani e degli assi di simmetria di un cristallo è infatti sempre limitato, come del resto è necessario nei poliedri; la posizione relativa degli elementi di simmetria è perciò sempre discontinua, mentre nella sfera un asse di simmetria si attacca immediatamente all' altro.

Ciò che è più singolare fra quelle proposizioni degli antichi filosofi che si riferiscono alla simmetria, è il principio enunciato da Platone che i cinque corpi regolari debbono esser riguardati come i tipi fondamentali di ogni regolarità che si riscontra in natura. Ciò che è più notevole in questo principio di Platone è appunto la circostanza che esso conserva la sua

importanza anche dal punto di vista della scienza moderna. Infatti, se si prescinde dalla simmetria continua, si può anche oggi dire con ragione che i casi di simmetria discontinua (quindi quelli esistenti nei poliedri) si possono dedurre dalle simmetrie esistenti nei cinque corpi regolari. Platone voleva bensì dedurre le proprietà fisiche dai concetti riguardati da lui come le sole realtà, dalle idee, ma come l'esempio più chiaro del modo in cui i corpi più complicati si possono considerare come riproduzioni dei concetti fondamentali ricavati dai corpi più semplici, appariva anche a Platone la teoria dei poliedri. Quanto fortemente agissero anche nel medio evo queste idee di Platone risulta chiaramente da un libro di Jamitzer, anzi dal titolo stesso di questo libro che suona così: « Perspectiva « Corporum Regularium, das ist eine fleyssige Fürweysung « wie die fünff' Regulirten Körper durch einen sonderlichen, « neuen, behenden und gerechten Weg, der vor nie in Ge- « brauch ist gesehen worden, gar Künstlich in die Perspectiva « gebracht. Und dazu eine schöne Anleytung, wie aus den- « selbigen fünff' Körpern ohn Endt, gar viel andere Körper, « mancherley Art und Gestalt, gemacht und gefunden werden « mügen ». (Perspectiva Corporum Regularium, cioè un ingegnoso metodo, mediante il quale i cinque corpi regolari possono esser messi in prospettiva per una nuova via singolare, rapida e giusta, fin qui mai vista in uso, ed inoltre una bella istruzione sul come da questi stessi cinque corpi, possono senza fine esser costruiti e trovati molti altri corpi, di svariata sorta e forma).

La teoria cristallografica della simmetria può precisamente esser designata come quella dottrina che si propone come unico scopo di ricondurre la simmetria delle forme più complicate della natura inanimata ai corpi più semplici della geometria elementare.

I due più complicati fra i cinque corpi regolari riconosciuti da Platone, e cioè l'icosaedro ed il dodecaedro non entrano anzi nemmeno in conto nello studio dei cristalli; sono sufficienti i tre altri e cioè il tetraedro, il cubo e l'ottaedro, ai quali però conviene aggregare i più semplici fra i poligoni regolari, noti del resto molto prima di Platone, e cioè il triangolo, il quadrato, l'esagono regolare ed il rombo. Queste sono le forme semplici da cui noi possiamo partire: ma come deve essere intesa la nostra affermazione che tutti

i poliedri cristallini si possono derivare mediante ripetizioni di queste forme semplici?

La risposta è la seguente: Noi dobbiamo dividere ogni faccia del nostro corpo in parti simili ed asimmetriche, come è stato fatto nella fig. 1 per il triangolo equilatero quale faccia dell'ottaedro; passiamo poi dal caso in cui queste faccie parziali giacciano in un piano a quello in cui esse formino una piramide. Immaginiamoci anzitutto questa piramide assai piatta, la sua altezza cioè affatto minima, cosicchè p. es. pel triangolo il suo aspetto si scosti assai poco da quello della fig. 1. Noi immaginiamo cioè i poligoni piani come casi speciali di piramidi di ugual simmetria e per ritrovare veramente in queste piramidi la stessa completa simmetria dei poligoni noi dovremo immaginare piegati gli spigoli del triangolo in ugual modo da entrambe le faccie del poligono, talchè si formino delle *bipiramidi*, poichè un poligono non ha solo un asse di simmetria perpendicolare al piano in cui esso giace, ma ne possiede anche dei giacenti nel suo stesso piano e possono scambiare una faccia colla sua opposta, assi di ribaltamento (Umklappungsaxen). Nelle bipiramidi noi ritroviamo, tanto l'asse principale di simmetria perpendicolare alla base, quanto gli assi di ribaltamento. In realtà si trovano assai spesso bipiramidi come forme di terminazione di cristalli; in altri casi però si trova solo sopra una faccia, p. es. di un quadrato, diciamo la superiore, una piramide, cosicchè si ha un poliedro che non possiede più completa la simmetria del quadrato poichè gli mancano quegli elementi di simmetria che permettono di scambiare la parte superiore coll'inferiore. Ad ogni modo non solo la bipiramide che ricopra tanto la faccia superiore che la inferiore del quadrato può esser riguardata come una generalizzazione del quadrato stesso, ma anche le piramidi semplici che ricoprono o la faccia superiore, o la faccia inferiore.

Particolarmente interessante è la seguente generalizzazione del quadrato; tiriamo sulla faccia superiore del quadrato una diagonale xy (fig. 3) e sulla faccia inferiore la diagonale zt perpendicolare a questa. Possiamo ora stirare il quadrato dando origine ad un solido nel modo seguente: trasformiamo i due triangoli della faccia superiore in un cuneo avente lo spigolo posto sopra xy e parallelamente a questo e contemporaneamente trasformiamo anche i due triangoli della faccia infe-

riore in un cuneo simile, il cui spigolo stia sopra *zt* e sia parallelo a questo. Tali doppî cunei sono pure stati osservati

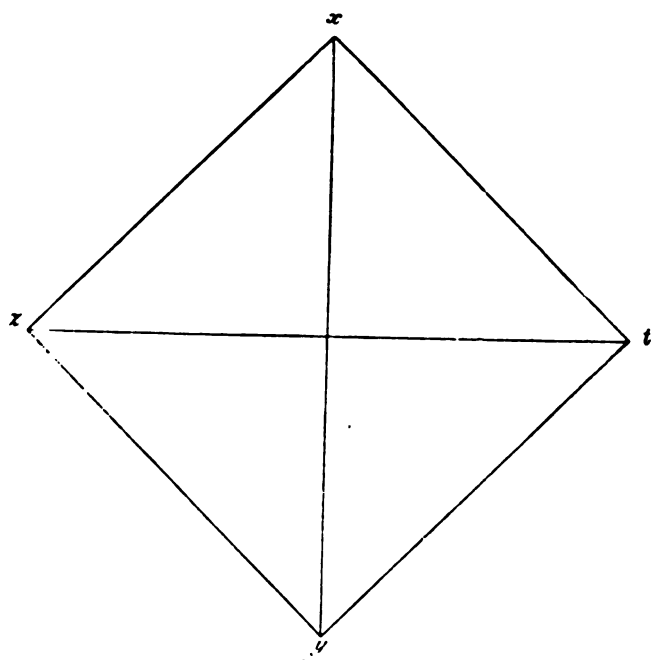

Fig. 3

in natura; i suoi spigoli medii (cioè quelli posti fra *xy* e *zt*) lasciano riconoscere la relazione del solido formato col quadrato, poichè questi quattro spigoli formano un quadrato sgembo, la cui forma si accosta però tanto più a quella del quadrato stesso, quanto meno discosti ci immaginiamo *xy* e *zt*. La simmetria di questo doppio cuneo comprende di nuovo solo una parte di quella del quadrato; si hanno infatti due piani di simmetria verticali, di cui uno passa per *xy* e l'altro per *zt* ed un asse binario di simmetria che unisce i punti di mezzo degli spigoli *xy* e *zt*.

Finchè noi applichiamo i suaccennati elementi di simmetria ad una faccia, p. es. alla faccia *zt* del quadrato così trasformato come faccia fondamentale, otteniamo da esso il doppio cuneo quadratico; se noi però applichiamo gli stessi elementi di simmetria ad un punto p. es. al punto *t* di questa faccia, noi otteniamo da esso i quattro angoli di un quadrato

comune. Possiamo riconoscere ora quali forme siano da ascrivere al tipo del quadrato: esse debbono possedere elementi di simmetria tali che applicati ad un punto da scegliersi opportunamente, siano in grado di riprodurre un quadrato.

Ciò che qui è stato detto pel quadrato preso come esempio, si può estendere in modo identico anche agli altri corpi regolari, cosicchè noi possiamo come Jamitzer derivare da essi le varie forme e cioè: 1° forme del tipo delle bipiramidi (oloedriche); 2° forme del tipo delle piramidi semplici (emimorfe); 3° forme del tipo cuneiforme (sfenoidiche); infine si hanno forme che contengono ancora gli assi ma non hanno più nessuno dei piani di simmetria delle figure regolari (forme trapezoedriche). Immaginiamo per questo che la metà inferiore di una bipiramide a base quadrata sia ruotata di un angolo qualunque rispetto alla superiore intorno all' asse verticale; le due si taglieranno ora in otto spigoli di intersezione.

Se noi applichiamo questi diversi tipi di generalizzazione ai corpi regolari, giungiamo ai varii modi nei quali gli elementi di simmetria possono esser combinati fra loro e se prendiamo inoltre i casi particolarmente semplici enunciati in principio di questo scritto in cui si hanno non combinazioni, ma solo le singole sorte di simmetria (rispetto ad un punto o ad un piano o ad un asse), noi avremo esauriti tutti i casi possibili di simmetria ed avremo così ottenuto uno schema completo e sicuro per la classificazione dei cristalli. È stato dimostrato che questo modo di procedere conduce a 32 casi differenti; ogni cristallo deve poter esser compreso in una di queste 32 classi; d'altra parte le varie forme che può prendere una stessa sostanza debbono sempre corrispondere solo ad uno di questi 32 casi e non parte ad uno e parte ad un altro. Non è però necessario che un cristallo possedente p. es. la simmetria del quadrato, sia necessariamente delimitata da una sola delle suaccennate figure; essa può invece contenere parecchie bipiramidi più o meno inclinate; si designa allora il cristallo come una « combinazione » di diverse forme semplici; le forme semplici possono esser derivate mediante operazioni di simmetria da una unica faccia fondamentale: per ottenere invece una combinazione bisogna partire da più faccie fondamentali. È uno dei problemi principali della cri-

stallografia geometrica di scindere i diversi cristalli nelle singole forme semplici che la compongono.

Questa distinzione può talvolta venir complicata dalla circostanza che più forme non oloedriche (cosidette forme emiedriche o tetartoedriche) si combinano in modo da imitare una forma oloedrica semplice; così p. es. i cristalli più comuni di quarzo i quali sono limitati in apparenza da comuni bipiramidi, in realtà da combinazioni complicate di forme a minor numero di faccie.

2. La legge delle zone.

L'esperienza ha messo in rilievo il fatto singolare che nei cristalli non s'incontri mai la simmetria del pentagono regolare, mentre si potrebbe pensare che appunto questo poligono, in causa della sua relazione colla cosidetta sezione aurea, occupasse una posizione privilegiata. Si potrebbe pure supporre che nei poliedri cristallini si ritrovasse la simmetria dell'eptagono o dell'ottagono regolare; pure ciò non accade. La natura si limita ai casi più semplici e non supera la simmetria dell'esagono regolare.

Era naturale che si pensasse a trovare la causa di questo fatto appresoci dall'esperienza nelle proprietà generali della materia cristallizzata o delle forze cristallogenetiche; così nella chimica la semplice constatazione del fatto che i composti si formano dagli elementi in proporzioni ponderali fisse, aveva in sè qualcosa di non soddisfacente; solo allorchè mediante l'introduzione del concetto di atomo fu indicata la causa prima di questa semplicità di rapporto, lo spirito umano avido di comprendere si sentì più soddisfatto. Nella cristallografia si può ricorrere per spiegare la semplicità che si manifesta nella costituzione dei cristalli a due diverse specie di ipotesi: o ad ipotesi atomistiche, o ad ipotesi riferentisi alle forze cristallogenetiche. Si aprono così innanzi a noi due vie: le speculazioni atomistiche saranno preferite da quegli scienziati che non vogliono ammettere un « ignorabimus »; altri spiriti più prudenti saranno spaventati dalla complicazione connessa inevitabilmente alle rappresentazioni atomistiche, ed evitando di far uso di queste ultime dove non

siano assolutamente indispensabili, cercheranno di ricorrere ad ipotesi direttamente controllabili intorno alle forze cristallogenetiche.

In questo capitolo noi partiremo da quest'ultimo punto di vista, il quale è bensì più sicuro, ma ha lo svantaggio di non entrare nella importante questione della costituzione della materia. Nel capitolo successivo daremo uno sguardo riassuntivo ai risultati ottenuti dalla cristallografia nella ricerca del come la materia cristallina si venga edificando dalle sue particelle.

Le proprietà fondamentali che si manifestano nelle forze cristallogenetiche si possono riassumere in due principî: il principio della costanza degli angoli e la legge delle zone. Il primo di questi due principî dice quanto segue: Se si immagina che in un poliedro cristallino si effettuino spostamenti paralleli delle faccie in un modo qualsiasi, il poliedro così modificato può pure presentarsi come il primitivo nei cristalli di una stessa sostanza. Un caso speciale di questo principio consiste in ciò che per ogni faccia di un cristallo può intervenire anche la corrispondente faccia parallela all'altra estremità del cristallo. Così p. es. in una sostanza che ama cristallizzare in tetraedri possono talvolta trovarsi anche ottaedri come combinazioni di due tetraedri. Questo principio può anche essere espresso così che ciò che è sostanziale e costante in un poliedro cristallino sono gli angoli fra le faccie e fra gli spigoli.

Considereremo ora la seconda legge, quella delle zone, anzitutto pel caso speciale del tetraedro; mentre la legge precedente diceva che sostanze che cristallizzano in tetraedri possono anche assumere la forma dell'ottaedro, questa fa prevedere che esse possono anche cristallizzare in cubi. La relazione fra cubo e tetraedro si spiega nel seguente modo dalle proprietà di accrescimento. Teniamo presente uno spigolo del tetraedro (p. es. 1 nella fig. 4); questo viene « smussato » da una faccia del cubo, cioè invece di questo spigolo si forma una faccia parallela ad essa la quale a causa di questo parallelismo, taglia le due faccie vicine del tetraedro in due spigoli paralleli fra loro e paralleli pure allo spigolo 1 smussato. Vi sono infinite posizioni di faccie che possono smussare lo spigolo 1 e si designa il loro insieme come la *zona* corrispondente a detto spigolo; specialmente la faccia del cubo smussa

lo spigolo 1 in modo che la smussatura sia contemporaneamente parallela allo spigolo opposto 4. D'altra parte la faccia

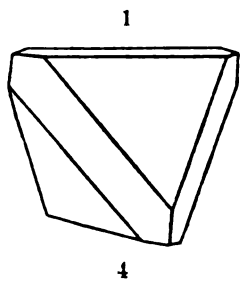

Fig. 4

opposta del cubo smussa lo spigolo 4 del tetraedro in modo che la smussatura resta parallela allo spigolo 1.

Si può quindi dire che il tetraedro viene smussato dal cubo in modo che le coppie di spigoli paralleli del tetraedro vengono smussati da coppie di faccie opposte e parallele del cubo. Si giunge così alla espressione più generale della nostra legge e cioè, se il tetraedro non è regolare ma qualsiasi, possono in esso intervenire quelle smussature per le quali due spigoli opposti sono smussati da una coppia di faccie parallele.

Si può perciò esprimere la nostra legge anche nel modo seguente: la faccia che smussa uno spigolo di un tetraedro, può contemporaneamente esser compresa nella zona corrispondente allo spigolo opposto; da ciò il nome di « legge delle zone ».

Quantunque noi non possiamo dir nulla di sicuro sulla vera natura delle forze cristallogenetiche, è però certo che esse trovano una espressione assai semplice in questa legge. La nostra legge ha ancora bisogno di una spiegazione ulteriore pel caso che la forma fondamentale di un cristallo sia non il tetraedro ma un solido più ricco di faccie. In tal caso vale la regola semplicissima che si può immaginare un tetraedro formato da quattro faccie qualsiasi e procedere poi nel modo già indicato. Le nuove faccie così ottenute possono ancora esser riunite in un nuovo tetraedro con alcune delle primitive e da questo tetraedro si possono ora collo stesso

processo di smussatura derivare nuove faccie cosidette « del secondo periodo »; utilizzando anche queste si può arrivare a faccie del « terzo periodo » e così via. L'esperienza insegna ora che tutte le faccie così derivate possono bensì trovarsi realmente in un cristallo, ma che la loro presenza è tanto più inverosimile, quanto più alto è il numero del periodo di derivazione mediante il quale esse si ottengono dalle faccie principali e più frequenti del cristallo.

Come abbiamo già visto, per ogni faccia è possibile anche la faccia parallela ed opposta ed è perciò sempre lecito di porre a base del nostro processo di smussamento un ottaedro invece del tetraedro; è ora interessante di studiare come siano disposte le nuove faccie rispetto a quelle provenienti dalla smussatura. Questo viene chiarito dalla fig. 5; si vede da essa

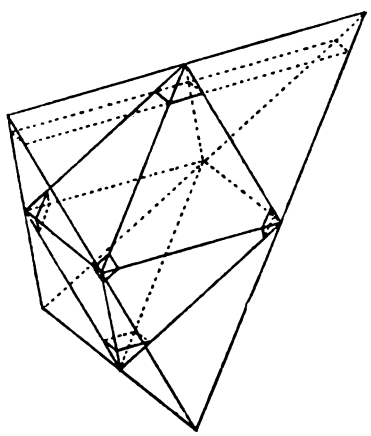

Fig. 5.

chiaramente che quelle stesse smussature che nel tetraedro smussano gli spigoli, nell'ottaedro sono smussature degli angoli solidi.

Come si possa in base alla legge delle zone prevedere che la simmetria del pentagono regolare e dell'icosaedro non si verifica nei cristalli, è cosa che non può esser qui dimostrata rigorosamente, poichè a ciò occorrerebbero considera-

zioni matematiche troppo complicate. Noi chiariremo del resto tale questione nel prossimo capitolo dal punto di vista atomistico; qui possiamo limitarci a ricordare che i matematici Möbius e Grassmann diedero i fondamenti per la applicazione della legge delle zone a questo problema e che l'applicazione stessa è dovuta ai cristallografi Neumann e Quenstedt.

3. La struttura dei cristalli.

La rappresentazione atomistica più semplice che ci si possa fare di una faccia cristallina è quella di un *reticolato;* le maglie esistenti fra due coppie di fili del reticolato possono esser immaginate come lo spazio entro cui si possono muover liberamente le particelle cristalline lungo la faccia del cristallo. Anche la facilità colla quale si può modificare la posizione rettilinea dei fili di una rete trova il suo analogo nelle nostre speculazioni strutturistiche e precisamente in questo senso che non importa affatto il sapere quale sia la vera forma degli spazî liberi o delle sfere d'azione delle singole particelle cristalline. Per quanto la cosa più semplice sia di rappresentarcele della forma di parallelogrammi (e cioè come le maglie di una rete nella loro posizione più semplice), pure è sempre lecito di trasformare, p. es., il lato destro di un parallelogramma in una linea spezzata, purchè si compia la trasformazione parallela anche nel lato sinistro (cfr. fig. 6). Questo cosidetto « principio della alterazione permessa » dice così che non la forma delle particelle singole ma bensì il modo con cui esse si succedono è la cosa sostanziale e che per conseguenza le particelle stesse possono esser immaginate come del tutto irregolari e ciò nonostante con un aggruppamento regolare di queste particelle irregolari si può giungere ad un grado altissimo di simmetria. L'aspetto della fig. 6 mostra ora che gli spostamenti paralleli sono le operazioni mediante le quali le maglie del reticolato possono sostituirsi le une alle altre. Come già nel primo capitolo abbiamo anche qui innanzi a noi un campo che non contiene nel suo interno nulla di omogeneo, ma che solo mediante la disposizione

degli elementi con esso congruenti si realizza la omogeneità che si osserva nella fig. 6. Dobbiamo perciò aggiungere alle

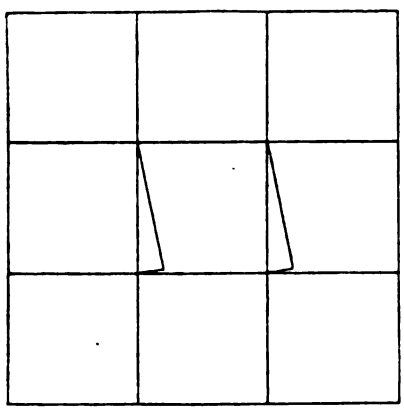

Fig. 6

operazioni di simmetria già considerate (rotazione intorno ad una retta, riflessione speculare intorno ad un piano, inversione intorno ad un punto) gli spostamenti paralleli quale nuova operazione di simmetria per passare dal primitivo punto di partenza all' attuale e cioè dalla immediata simmetria dei poliedri a quella degli aggruppamenti molecolari che costituiscono i poliedri stessi.

Se eseguiamo degli spostamenti paralleli anche *fuori del piano* primitivo, arriviamo ad un reticolato *nello spazio,* ad un sistema di punti che ci rappresenta atomisticamente non solo una faccia del cristallo, ma ancora tutta la sua costituzione.

Ciò che è più singolare è che quel principio di Platone che noi abbiamo imparato a conoscere nel primo capitolo può esser considerato anche qui come la regola fondamentale: non solo le faccie di un poliedro si possono classificare (come abbiamo visto allora) in riguardo alla loro simmetria secondo quella di un solido o poligono regolare ma lo stesso fanno anche i punti di un sistema cristallino.

Dovremmo andar troppo per le lunghe se volessimo

enumerar qui tutti i casi possibili dei sistemi di punti; accenneremo solo che vi sono 14 tipi diversi che si possono originare da un punto fondamentale mediante spostamenti paralleli e che questi casi furono trovati ed enunciati da Frankenheim e Bravais. Se si combinano le operazioni degli spostamenti paralleli con quelle di rotazione e si applicano unitamente per ottenere un sistema di punti da un unico punto fondamentale, si hanno 65 tipi nei quali naturalmente sono compresi anche i primi 14 e che furono studiati da Sohncke; essi si possono designare come i casi di simmetria rispetto agli assi, poichè da essi risulta come la simmetria rispetto agli assi esistente nei poliedri si spieghi mediante l'aggruppamento delle particelle cristalline.

Se però si vogliono spiegare non solo gli assi ma anche gli altri elementi di simmetria, si debbono impiegare non solo rotazioni e spostamenti paralleli, ma accanto a queste anche operazioni di simmetria inversa in qualunque ordine per ottenere da un punto fondamentale un sistema regolare di punti; si hanno così 230 casi che furono enumerati quasi contemporaneamente da Fedorow e da Schönfliess e che comprendono naturalmente anche i precedenti 65 di Sohncke.

Noi riguardiamo quindi le *operazioni* che si debbono impiegare per ottenere da un unico punto fondamentale un sistema avente lo stesso grado di simmetria del cristallo, come l'elemento sostanziale nella struttura del cristallo stesso. Ora anche il più piccolo corpo, anche l'atomo dei chimici, contiene infiniti punti; se noi prendiamo, p. es. una struttura avente la forma di una costruzione a cubi, i centri degli atomi costituiranno gli angoli di una simile costruzione a cubi; gli angoli di un' altra simile costruzione otteniamo pure se prendiamo un punto periferico della prima particella cristallina come punto di partenza; gli angoli di una terza costruzione simile se si parte da un punto posto in mezzo fra il centro e la periferia; noi possiamo anzi attribuire alla sfera d'azione dell'atomo un punto posto fuori dall'atomo ma vicinissimo ad esso e prenderlo come punto di partenza per le operazioni di simmetria. Riconosciamo così che un cristallo non è da considerare come un unico sistema di punti ma bensì come un insieme di infiniti sistemi di punti posti l'uno nell'altro ed aventi la stessa simmetria.

Importante è qui di nuovo il concetto di quel campo che non contiene nel suo interno nulla di omogeneo, ma bensì un esemplare di ogni elemento eterogeneo. Un tale spazio può esser riguardato come l'estensione di ogni particella cristallina ed è lasciato completamente alla fantasia di immaginare che esso sia materiale o che sia parzialmente riempito di etere o che infine avvengano in esso movimenti della materia che lo riempie parzialmente. La decisione fra queste diverse possibilità non spetta veramente alla cristallografia propriamente detta; al cristallografo basta di esprimere i risultati relativi nel principio condizionale seguente: Se si può ammettere che il punto fondamentale dato sia materiale, anche tutti gli altri punti ottenuti mediante l'impiego delle operazioni di simmetria caratteristiche per quella data sostanza sono pure da ritenersi come materiali. Sulla vera natura delle particelle cristalline il cristallografo non può dire nulla, ciò che il lettore avrà già compreso dall'enunciato del principio dell'alterazione permessa.

Un fatto degno di nota è inoltre il seguente: abbiamo appreso che in un poliedro possono intervenire solo una parte delle faccie; vedremo ora che un fatto analogo esiste per le strutture cristalline. Come si può immaginare un poliedro quale il risultato dell'applicazione delle operazioni di simmetria ad una *faccia* fondamentale, così si possono ottenere le strutture partendo da un *punto* fondamentale; e come allora eliminando una certa parte delle faccie si passava dai casi fondamentali ai sottocasi, così eliminando un certo numero dalla totalità dei punti, si giunge anche qui dai casi fondamentali ai sottocasi. È interessante l'indicare quei sistemi dai quali si possono dedurre tutti gli altri applicando questo principio dell'intervento di una sola parte dei punti. Questa determinazione può esser compiuta in modi assai diversi, p. es. possono essere riguardati come casi principali i seguenti: la costruzione secondo cubi per gli edificî cristallini del sistema regolare; secondo prismi quadratici retti per quelli del sistema tetragonale; secondo prismi regolari triangolari per il sistema esagonale; secondo prismi retti a sezione rombica per il sistema trimetrico; secondo prismi retti aventi per base un parallelogramma per il sistema monoclino; secondo prismi inclinati aventi a base un parallelogramma qualsiasi per il sistema triclino.

Vogliamo ora mostrare perchè solo i poligoni più semplici corrispondano alla simmetria dei cristalli e non vi possano invece corrispondere nè il pentagono, nè l'eptagono, nè l'ottagono regolare. Perciò noi dobbiamo partire dalla supposizione che due punti equivalenti della struttura posseggano una distanza assai piccola ma tuttavia finita; questa ipotesi che grandezze infinitesime non possano accostarsi infinitamente, distingue nettamente il concetto di una massa di costituzione atomistica discreta da quello di una massa continua. In una massa discreta ogni punto deve esser separato dal punto equivalente più vicino da una distanza finita. Per ogni punto A (fig. 7) si può stabilire un altro punto B

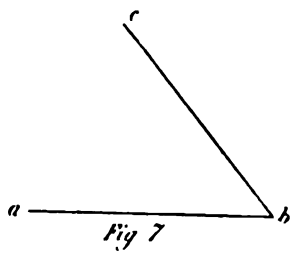

Fig 7

tale che nessun altro punto equivalente sia più vicino di esso ad A. Ammettendo ora che per A e per B passino assi di simmetria il cui periodo sia 7, applicando la simmetria ad A si originerebbe un terzo punto equivalente C, il quale formerebbe con detti due punti un triangolo isoscele il cui angolo posto al vertice B sarebbe minore di 60° (precisamente 360/7°) cosicchè AC sarebbe minore di AB. Per conseguenza B non sarebbe fra i varî punti equivalenti il più vicino ad A, perchè C sarebbe ancor più vicino; ora ciò contraddice alla supposizione fatta e quindi il periodo 7 non può verificarsi negli assi di simmetria.

I periodi 8, 9 o maggiori condurrebbero a valori dell'angolo ABC ancora più piccoli; il punto C verrebbe di conseguenza ad esser ancor più vicino ad A. Invece il caso che il periodo di simmetria sia 6, non contraddice alla supposizione fatta, poichè in questo caso sarebbe $AB = AC$.

Il caso che il periodo di simmetria sia 5, lascia riconoscere una contraddizione cambiando un poco il ragionamento precedente. Partiamo di nuovo da due punti A e B pei quali passino assi di simmetria di periodo 5 e supponiamo che nessun altro punto sia più vicino di B ad A; ruotiamo anzitutto il segmento AB intorno a B di un angolo 360/5°; arriviamo così ad un punto C, il quale è bensì più lontano da A che B, ma se giriamo però ora il segmento CB intorno a C di un angolo uguale, otteniamo un quarto punto D (fig. 8) che contraddice alla nostra supposizione poichè, come

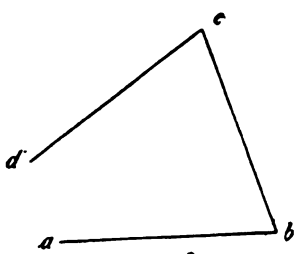

Fig. 8.

è chiaramente visibile dalla figura D è assai meno distante che B da A. Perciò anche assi di simmetria con periodo 5 sono impossibili negli edifici cristallini.

Queste e varie altre proprietà dei cristalli si possono spiegare per questa via più semplicemente che per ogni altra; non si può però tacere che per altri importantissimi gruppi di fenomeni, p. es., per la deduzione dei fenomeni di interferenza nella luce polarizzata la teoria delle strutture non offre alcun vantaggio e che questa teoria opera su molte ipotesi in parte almeno non direttamente verificabili. Così, p. es. si debbono introdurre speciali ipotesi sul come giacciano le faccie che limitano i cristalli in rapporto agli aggruppamenti delle particelle cristalline, poichè in principio le strutture (che naturalmente vengono definite come omogenee rispetto a tutti i loro punti) sono supposte illimitate, cosicchè esse si estendono per tutto lo spazio. Si suole fare l'ipotesi che quelle faccie che vengono ad esser più fittamente cosparse di punti, siano quelle che intervengono di preferenza

come faccie reali del cristallo. Per molti cristalli questa ipotesi non viene però verificata e forse i cosidetti cristalli liquidi e apparentemente viventi sono appunto fra quelle sostanze che si scostano di più dalla condizione suesposta. In una comunicazione posteriore spero di poter trattare più ampiamente le relazioni singolari che passano fra i cristalli liquidi ed i cristalli comuni.

Tübingen, luglio 1907.

ERNST SOMMERFELDT

LA PARTHÉNOGÉNÈSE EXPÉRIMENTALE

ET LES PROPRIÉTÉS DES SOLUTIONS ÉLECTROLYTIQUES.

Le fait brutal qui sert de base à la question de la parthénogénèse expérimentale est celui-ci : Certains œufs, tenus éloignés des spermatozoïdes et incapables de se développer par eux-mêmes dans les conditions ordinaires, se développent cependant si on les soumet à certaines conditions expérimentales.

Si l'on fait abstraction de quelques expériences où un commencement de développement a été obtenu par des actions mécaniques (friction, secouage) ou physiques (chaleur), on peut dire que tous les agents parthénogénisants sont des solutions de substances chimiques, le plus souvent salines, substituées ou ajoutées à l'eau douce ou marine qui est le milieu naturel des œufs soumis à l'expérience.

Ces solutions font donc l'office du spermatozoïde, d'où le nom de *fécondation chimique* donné au phénomène.

Ce terme ambitieux n'est pas justifié.

Un cheval attelé à une lourde charrette arrive épuisé en face d'une côte et s'arrête, ne pouvant la monter. Vous le dételez, lui donnez à manger et à boire, le laissez se reposer, puis vous le réattelez et il monte la côte. Au lieu de cela, vous le cinglez de coups de fouet, et il la monte aussi. Dans le premier cas, il l'a montée parce qu'il a eu du repos et de la nourriture. Direz-vous que les coups de fouet l'ont reposé et nourri ?

Le même résultat à été obtenu par des moyens différents. Il peut en être de même ici. Les solutions chimiques font développer l'œuf; cela ne prouve pas qu'elles le fécondent.

Nous appellerons donc ce phénomène, non une *fécondation*

artificielle, mais une *parthénogénèse expérimentale,* c'est-à-dire déterminée par des conditions introduites par l'homme.

Dans le problème de la parthénogénèse expérimentale, deux questions sont à envisager: I. *Quel est le résultat obtenu;* II. *Quel est le mode d'action des agents employés.*

La première ne comprend que des questions de fait qui peuvent être exposées d'une façon très sommaire parce qu'elles ne comportent aucune ambiguité; il n'en est pas de même de la seconde où l'interprétation a une part prépondérante et qui nécessite de longs développements.

I. Résultats obtenus.

Ici encore, il y a avantage à subdiviser la question méthodiquement. Nous examinerons: 1° *Chez quels animaux ou végétaux la parthénogénèse expérimentale a été obtenue;* 2° *A quel stade leur développement est parvenu;* 3° *Quels ont été les caractères particuliers de ce développement;* 4° *Quels agents ont déterminé la parthénogénèse.*

1° - **Etres chez lesquels la parthénogénèse a été obtenue expérimentalement.** — Le plus simple est d'en donner la liste en suivant l'ordre taxonomique.

VÉGÉTAUX - Algues (*Hydrodyction, Protosiphon, Basidiobolus, Spirogyra*).

Phanérogames (*Thalictrum* (?)).

PROTOZOAIRES - La question ne se pose pas pour ces êtres, vu l'absence chez eux d'une fécondation vraie par œufs et spermatozoïdes. Peut-être pourrait-on, cependant, rapprocher de la parthénogénèse expérimentale les expériences où Calkins, en 1902, a réussi à retarder la sénescence des Infusoires au moyen d'une nourriture appropriée (extrait de viande) ou même par de simples agents physiques (chaleur) ou mécaniques (agitation).

CŒLENTÉRÉS - Rien.

ECHINODERMES - Oursins (*Arbacia, Paracentrotus* [Strongylocentrotus], *Echinus, Sphærechinus*).

Astéries (*Asterias, Asterina*).

VERS - Annélides polychètes tubicoles (*Chætopterus Amphitrite*).

Annélides polychaetes errantes (*Podarke, Nereis, Ophelia*).

VERMIDIENS - Géphyriens (*Phascolosoma, Thalassema*).

MOLLUSQUES - Lamellibranches (*Mactra*).

INSECTES - Diptères: Ver à soie (*Sericaria*).

POISSONS - Cyclostomes (*Petromyzon*); Téléostéens, Gardon (*Leuciscus*), *Fundulus*.

AMPHIBIENS - Anoures, Grenouille (*Rana*).

VÉRTÉBRÉS SUPÉRIEURS - Rien.

Il est à croire que beaucoup d'autres êtres seraient susceptibles de subir la parthénogénèse expérimentale, car beaucoup n'ont pas été examinés sous ce rapport et tous ceux qui sont hermaphrodites ont été laissés de côté comme se prêtant mal à des expériences rigoureuses.

2° - **Stade auquel est parvenu le développement.** — *Phanérogames, Thalictrum.* - Le développement aurait continué jusqu'à la graine fertile. Mais ce beau résultat semble très contestable. En 1902, Overton l'aurait obtenu en arrosant les pieds de cette plante avec certaines solutions salines. Mais on a des exemples de parthénogénèse naturelle compléte chez d'autres Phanérogames. Day, en 1896, l'a observée chez le *Thalictrum* même; en sorte que l'intervention expérimentale peut fort bien n'être pas la cause du résultat.

Algues. - Il s'agit ici d'un phénomène très particulier. Chez *Spirogyra*, Klebs, en 1896, faisant agir sur des cellules en voie de copulation une solution de saccharose, a vu la copulation s'interrompre et les cellules donner chacune une parthénospore.

En somme, chez les Végétaux, les phénomènes rapportés à la parthénogénèse expérimentale sont trop différents de ceux observés chez les animaux pour qu'on soit autorisé à les assimiler à ces derniers. Nous les laisserons donc de côté dans ce qui va suivre.

VERTÉBRÉS. - *Rana*, jusqu'au stade blastula (Dewitz, au moyen du bichlorure de mercure; Bataillon, par des solutions de saccharose et de chlorure de sodium; Mme Rondeau-Luzeau, *idem*).

Leuciscus, même stade (Mme Rondeau-Luzeau, même procédé).

Fundulus, stade à deux blastomères (Loeb).

Petromyzon, même stade (Bataillon, même procédé).

En somme, chez les Vertébrés, on n'a pas depassé une segmentation plus ou moins avancée et rien n'autorise à affirmer qu'il serait possible d'atteindre la fin du développement.

INSECTES - *Sericaria.* Les œufs non fécondés du papillon du ver à soie se développent parfois spontanèment en chenilles parfaites. Aussi est-il difficile de dire dans quelle mesure l'intervention experimentale a contribué à ce développement. Cette intervention, faite par Tichomirov, en 1886, consistait à brosser les œufs ou à les immerger quelque temps dans de l'eau additionnée d'acide sulfurique.

MOLLUSQUES - *Mactra,* jusqu'au stade à 16 blastomères (Kostanecki, au moyen de KCl, de $CaCl^2$ et d'eau de mer concentrée).

VERMIDIENS - *Phascolosoma,* jusqu'au stade à 30-60 blastomères (Loeb au moyen de KCl).

Thalassema, jusqu'à la larve nageante prototroque (Lefèvre, au moyen d'acides organiques et inorganiques; jusqu'à 50 à 60 % de réussites).

VERS - *Chætopterus,* jusqu'à la larve trochophore nageante, mais ne survivant pas au delà de 2 jours (Loeb, au moyen de KCl).

Amphitrite, idem (Loeb, Fischer et Neilson, au moyen de $CaCl^2$; 50 % de réussites).

Ophelia, idem (Bullot, au moyen de KCl; 50 % de réussites, mais mort au bout de 2 jours).

Nereis, jusqu'à la larve segmentée (Loeb).

Podarke: le développement aurait été poussé si loin par Greeley, en 1901, d'après Loeb, que l'annonce du résultat dut être différé jusqu'à l'année suivante. Mais ce résultat n'a pas été publié ultérieurement.

ECHINODERMES - Ce sont eux qui ont donné les résultats les plus remarquables. Ces résultats ont été obtenus par la strychnine, la chaleur, le secouage, mais surtout par l'acide carbonique pour les Astéries, et par les solutions hypertoniques additionnées de substances adjuvantes diverses pour les Oursins. Chez ces derniers, Loeb a obtenu des Pluteus, qui d'ailleurs ne survivaient pas. Y. Delage a obtenu chez les *Asterias,* au moyen de CO^2 un pourcentage de réussites tel que le nombre des œufs non segmentés était insignifiant et moindre que dans les fécondations artificielles par le sperme: pratiquement, c'était le 100 %. Les larves ont donné des *Bipinnaria* et des *Brachiolaria,* absolument normales, dont quelques unes ont vécu jusqu'à 4 mois et ont atteint le stade de la métamorphose, caractérisé par la formation du disque apical avec ses

spicules et l'indication de la forme pentagonale et par l'appareil aquifère. Chez les Oursins, *Paracentrotus* (*Strongylocentrotus*), il a obtenu, au moyen d'une solution hypertonique banale, alcalinisée par du sulfite de soude et additionnée d'une quantité minime de chlorure de Nickel, des *Pluteus* qui ont aussi vécu plusieurs mois et dont quelques uns ont atteint le stade de la métamorphose, montrant le disque apical, les tentacules terminaux et même les premiers pédicellaires. Mais le pourcentage des réussites reste toujours très inferieur à celui des Astéries [1].

3° - **Mode de développement.** — Il foudrait un long article pour exposer complétement ce sujet. Mais, comme ce n'est pas en lui que réside l'intérêt de la question, je le résumerai rapidement. Il a été étudié surtout par Morgan, Wilson et par Y. Delage, et presque exclusivement chez les Echinodermes.

Après l'action des réactifs appropriés, et généralement, lorsque l'œuf a été replacé dans son élément naturel, apparaissent dans le cytoplasma de nombreux asters qui se partagent les chromosomes mais qui, bientôt, s'effacent; c'est un aster unique situé près du noyau qui détermine la division de celui-ci. Le cytoplasme se divise, non par un sillon circulaire, mais par une encoche qui s'approfondit progressivement. Les segmentations, d'abord plus ou moins anormales, se régularisent de telle sorte que, dans les cas favorables, à la fin de la segmentation, il n'y a pas de différence appréciable avec un embryon normal.

Fréquemment l'œuf se divise en fragments très inégaux, dont les plus petits, tout au moins, paraissent ne pas être nucléés; cette fragmentation aboutit à une résolution en sphérules très petites (dégénérescence vésiculaire), qui finalement se désagrègent.

Même dans des larves assez parfaites pour éclore et se mouvoir, il existe très souvent un résidu de segmentation sous la forme d'un fin précipité noirâtre, dans la cavité blastulienne ou sous la membrane vitelline. Ces larves périssent toujours au bout de peu de temps.

[1] Il n'en est plus de même depuis que j'ai découvert un procédé de traitement par le tannin et l'ammoniaque qui donne des résultats très supérieurs à tous ceux antérieurement connus.

D'après Treadwell, chez *Podarke*, la larve prototroche serait une différenciation directe de l'œuf sans multiplication cellulaire. Ce fait aurait une portée considérables par ses conséquences relativement à la signification de la pluricellularité des Métazoaires. Y. Delage avait eu, antérieurement, la même idée en ce qui concerne les larves mérogoniques de *Lanice*. En tout cas, il n'est pas général chez les Annélides, car Bullot a constaté chez une autre Polychète, *Ophelia*, une segmentation normale.

Loeb s'est donné beaucoup de peine pour faire apparaître une membrane vitelline avant la segmentation, comme dans la fécondation normale. Il y a réussi par des applications très courtes d'acides organiques (butyrique, valérianique). J'ai pu répéter ses expériences, mais je n'ai pu obtenir la membrane que rarement, et les œufs n'ont jamais évolué. Il ne semble pas que le résultat final ait beaucoup dépassé, même entre les mains de Loeb, celui que donnent les procédés ordinaires. D'autre part, une membrane se forme parfaitement sans l'emploi de ces précautions qui semblent constituer une complication superflue.

4° - **Agents de la parthénogénèse.** — Ils ont été indiqués sans ordre dans le précédent paragraphe à propos des animaux dont ils ont déterminé le développement. Je les grouperai ici par catégories.

a) Mécaniques. - Brossage. Procédé ancien appliqué par Tichomirov chez les Insectes. *Secouage.* D'après Matthews, suffirait pour déterminer la parthénogénèse chez quelques œufs d'Astéries; mais un secouage aussi léger que celui exercé par l'auteur se produit dans la nature par l'action du courant et des vagues, en sorte que ces cas se distinguent à peine de la parthénogénèse naturelle. Celle-ci existe chez les Astéries mais n'aboutit jamais bien loin. Y. Delage a trouvé dans le secouage un adjuvant de maigre valeur dans le traitement des œufs d'Oursins par CO^2.

b) Physiques. - Chaleur. Un traitement de courte durée par une température élevée (22° à 30°) s'est montré, entre les mains de Bataillon et de Y. Delage, un bon adjuvant dans certains cas (*Rana*, Oursins). Chez *Asterias* il peut même déterminer à lui seul la parthénogénèse. Lorsque la segmentation est commencée existe un optimum, variant pour les Oursins entre des limites très étroites (17° à 20°).

Physico-chimiques. - Certaines substances, strychnine, sérum antidiphtérique, benzol, ont donné quelques résultats. Il en est de même de l'eau de mer concentrée. Il faut y ajouter CO^2, réactif de choix pour les Astéries. Mais pour tous les autres animaux, le réactif universel consiste en solutions électrolytiques, salines ou acides parfois basiques, ajoutées à l'eau de mer, hypertoniques par rapport à celle-ci [1], et additionnées ou non de substances adjuvantes diverses qui agissent soit en augmentant la pression osmotique (sucre, gélatine), soit par une action dite spécifique et de nature encore inconnue.

II. Mode d'action des agents.

Ainsi que nous venons de le voir, parmi les agents de la parthénogénèse, une catégorie l'emporte de beaucoup sur toutes les autres par son importance, ce sont les solutions salines. La connaissance des propriétés de ces solutions est donc indispensable à l'étude de la question.

Les propriétés des solutions constituent un des chapitres les plus importants de la Physico-chimie. C'est ce chapitre que je dois résumer ici en quelques pages. N'étant ni chimiste ni physicien je n'ai point l'autorité nécessaire pour traiter la question de haut. J'adresse ici mes remerciments à Mr Perrin qui a bien voulu me prêter le concours de sa critique éclairée. Aux physiciens, cet exposé paraîtra, à bon droit, incomplet et imparfait sur bien des points; mais peut être l'exposé magistral fait par quelqu'un de mieux qualifié eut-il paru trop savant et trop ardu aux biologistes auxquels cet article s'adresse. C'est là mon excuse de l'avoir écrit.

PROPRIÉTÉS DES SOLUTIONS.

Abstraction faite des propriétés optiques, qui ne nous intéressent pas ici, les propriétés des solutions semblent résulter d'abord d'une *attraction* entre la substance dissoute et l'eau, puis d'une *influence spéciale* de l'eau sur le corps dissout.

L'attraction produit 4 effets principaux:

1° une dépression de la tension de vapeur de la solution,

[1] Cette condition n'est plus nécessaire depuis que j'ai découvert le procédé au tannin et à l'ammoniaque.

2° une élévation de son point d'ébullition,

3° un abaissement de son point de congélation,

4° l'établissement d'une pression osmotique.

L'action speciale, qui ne s'exerce que sur certaines catégories de substances, consiste dans l'*ionisation* qui :

1° modifie en grandeur tous les effets ci-dessus,

2° révéle l'existence de charges électriques inhérentes aux particules ionisées et détermine un phénomène nouveau, la conductivité électrique.

A. Substances non ionisables.

Commençons par les substances où les premiers effets seuls se produisent: ce sont des substances organiques sans fonction acide ou basique bien marquée, telles que les sucres, la dextrine, l'alcool, l'urée, l'asparagine, le glycocolle, etc. etc. Nous prendrons la solution de sucre comme exemple typique.

1° - **Dépression de la tension de vapeur. Tonométrie.** — A toute température, l'eau émet des vapeurs dont on peut mesurer la tension au moyen d'un manomètre approprié. A chaque degré de température correspond une tension donnée, fixe. Il en est de même pour la solution de sucre, pour une même température; mais, la tension est toujours moindre que pour l'eau pure: il y a donc dépression de la tension de vapeur. Il semble que cette attraction que nous avons supposée entre l'eau et la substance dissoute se traduise par une rétention, comme s'il y avait une résistance supplémentaire à vaincre pour séparer l'eau du sucre, en sorte que, pour effectuer la même séparation, il faille une température plus élevée.

a) Quand on compare, à une même température, les tensions de vapeur de l'eau pure f et de la solution f', on trouve: $\frac{f'}{f} = \text{const.}$, que l'on peut écrire $1 - \frac{f'}{f} = \varphi$, d'où $\frac{f - f'}{f} = \varphi$. On voit par là que φ, rapport de la dépression de la tension de vapeur à la tension de vapeur de l'eau à la même température, est indépendant de la température. Si, à la température où $f = 10^{mm}$, pour une certaine solution $f' = 9^{mm}$, φ vaudra $\frac{10 - 9}{10} = 0{,}1$ et restera tel, à toute température pour cette solution, en sorte qu'à la température où la tension de l'eau sera 20^{mm}, on sait d'avance que la tension de la solution sera 18^{mm}.

b) Si on fait varier la concentration de la solution, on constate une variation de φ qui est proportionnelle: si pour une solution contenant 100 gr. de sucre, $\varphi = 0{,}03$, pour un même volume de solution contenant 200 gr. de sucre, $\varphi = 0{,}06$. Si l'on appelle c la

concentration, c'est-à-dire le nombre de grammes de la substance par litre de solution, on a: $\varphi = kc$: c'est la Loi de Wülner.

c) Mai si on passe du sucre à une autre substance de la même catégorie, on voit que à des concentrations égales correspondent des valeurs de φ très differentes. Ainsi un litre de solution contenant 100 grammes d'urée a un φ beaucoup plus grand qu'un litre contenant 100 gr. de sucre.

Il semble, au premier abord, n'y avoir aucune relation simple entre les φ des diverses substances.

Raoult en a trouvé une très remarquable: Si l'on prend pour unité de poids de chaque substance son poids moléculaire, les valeurs de φ deviennent égales pour toutes les substances à concentration égale. Les concentrations ainsi mesurées se nomment *concentrations moléculaires.*

On sait que les poids moléculaires s'obtiennent en faisant la somme des poids des atomes constituant la molécule. Ainsi, on a:

Pour le saccharose	$C^{12}H^{22}O^{11}$	$= 342$
» le glucose	$C^{6}H^{12}O^{6}$	$= 180$
» la mannite	$C^{6}H^{14}O^{6}$	$= 182$
» l'urée	$CO(A_zH^2)^2$	$= 60$.

Ces poids moléculaires sont les poids des molécules exprimés en une unité de poids extrêmement faible et inconnue; et, quand on les exprime en grammes, on peut dire qu'ils sont un certain multiple très grand et inconnu du poids vrai de la molécule. On peut donc, sous cette réserve, considérer les poids moléculaires exprimés en grammes comme représentant le poids de une molécule et dire que la molécule de sucre pèse 342 gr., celle de glucose 180 gr., celle d'urée 60 gr. Pour introduire cette réserve dans le vocable, on dit alors la *molécule-gramme.* On voit aussi par quelle extension de ce légitime abus de langage on peut dire qu'une solution d'urée contenant 30 gr. ou 20 gr. de cette substance contient $^1/_2$ molécule ou $^1/_3$ de molécule. Exprimés en unités de poids moléculaire, les poids des diverses substances dénombrent leurs molécules. On est convenu d'appeler *solution normale* celle qui contient une molécule par litre de solution; les expressions *bi-normale, déci-normale, centi-normale* se comprennent d'elles mêmes; on les écrit: n, $n/_{10}$, $n/_{100}$ et l'on peut exprimer toutes les variations de la concentration au moyen d'un rapport convenable: $\frac{2n}{5}$, $\frac{3n}{8}$ etc. Les solutions contenant par litre un même nombre de molécule sont dites équimoléculaires.

La loi de Raoult indique que les solutions équimoléculaires produisent, à une même température, une dépression, $f - f'$, égale

quelle que soit la substance dissoute; et, quelle que soit la température, le rapport φ est le même pour toutes. Plus généralement, on peut dire que le rapport φ est proportionnel à la concentration moléculaire m et, écrire, k étant un nombre constant:

$$\varphi = km.$$

Raoult a déterminé la valeur de la constante k en montrant que, si l'on appelle m le nombre de molécules-grammes dissoutes et N le nombre de molécules-grammes du solvant, ici l'eau, on a:

$$\frac{m}{N} = \varphi = km$$

d'où

$$k = \frac{1}{N}.$$

Dans las solutions diluées, l'eau formant la presque totalité de la solution, on peut admettre que son poids est 1000 gr., son poids moléculaire étant 18, $N = \frac{1000}{18}$ et $\frac{1}{N} = \frac{18}{1000} = 0{,}018$.

Le nombre fourni par l'expérience et par une autre théorie est peu différent: 0,0185. Naturellement, ce nombre varie avec la nature du solvant; mais, dans tout cet article nous laisserons de côté tous les solvants autres que l'eau, parce qu'ils n'ont qu'un intérêt insignifiant en biologie.

En résumé, la formule générale est:

$$\varphi = 0{,}0185m$$

φ étant exprimé en degrés et m en molécules-grammes.

2° - **Elévation du point d'ébullition. Ebullioscopie.** — L'ébullition n'est qu'un cas particulier de l'évaporation. A 100°, l'eau bout parce que $f = 760$, mais la solution ne bout pas encore parce que $f' < f < 760$. Pour arriver à $f' = 760$, il faut élever la température d'un certain nombre de degrés θ au dessus de 100°.

θ est proportionnel à m. Van-t-Hoff a établi, en outre, par les lois de la thermodynamique, qu'il est proportionnel au carré de la température absolue d'ébullition T du solvant pur et inversement proportionnel à la chaleur latente de vaporisation L du même solvant. On a donc $\theta = \frac{kT_0^2 m}{L}$. Ici, $T = 273 + 100 = 373$, $L = 536{,}35$.

Le coefficient k est égal à $\frac{R}{NM}$, R étant la constante des gaz, égale ici, avec les unités adoptées à 2 (en réalité un peu moins, mais la différence est négligeable), N le nombre de molécules du solvant et M le poids moléculaire de ce dernier. Le pro-

duit NM est donc le poids du solvant, ici 1000 gr., en sorte que $k = \frac{2}{55,55 \times 18} = \frac{2}{1000} = 0,002$. La formule dans ce cas devient donc :

$$\theta = \frac{0,002\, T_0^2 m}{536,35} = \frac{0,002 \times 373^2 m}{536,35} = 0,52m$$

θ étant exprimé en degrés et m en molécules-grammes. θ, comme φ, est donc uniquement dépendant de m et lui est proportionnel.

3° - **Abaissement du point de congélation. Cryoscopie.** — Cette attraction entre les molécules dissoutes et l'eau, qui retarde l'évaporation et l'ébullition, fait que l'eau est encore retenue par les molécules, à la température où elle devrait s'en séparer pour se congeler. L'eau gèle à 0°; la solution gèle à une température inférieure à 0° d'un certain nombre de degrés Δ.

Nous retrouvons ici les mêmes lois que pour la tonométrie. $\Delta = kc$, pour une même substance. c varie avec les diverses substances (loi de Blagden); mais si à c, concentration en grammes on substitue la concentration moléculaire m, on a $\Delta = Km$, m étant indépendant de la nature du corp dissout.

Par les lois de la thermodynamique, Van-t-Hoff a établi la formule générale $\Delta = \frac{RT_\Delta^2 m}{\rho MN}$ qui nous permet de calculer le coefficient ci dessus: $K = \frac{RT^2}{\rho MN}$, dans l'expression duquel on retrouve le même facteur $\frac{R}{MN} = 0,002$ que pour le calcul de θ (voir p. 64), et, en plus T_Δ = température absolue de congélation du solvant ici 273°, et ρ = chaleur latente de fusion du même, ici 79 calories.

On a donc:

$$\Delta = \frac{RT_\Delta^2 m}{\rho MN} = \frac{2 \times 273^2 \times m}{79 \times 18 \times 55,55} = \frac{0,002 \times 273^2 m}{79} = 1,85m.$$

m étant exprimé en molécules grammes par litre, Δ se trouve exprimé en degrés.

On pourrait être frappé de la simplicité de la rélation entre $\varphi = 0,0185$ et $\Delta = 1,85$, qui ne diffèrent que par la position de la virgule. Mais d'abord, si l'on prend les nombres rigoureux, le rapport n'est pas exactement 100. En outre, c'est pur hasard s'il en est ainsi, ce rapport étant donné par l'expression $\frac{RT^2}{\rho M}$. Il n'y a donc pas à chercher les raisons profondes de la simplicité du rapport $\Delta = 100\varphi$. Si le multiplicateur 100 nous paraît simple, c'est par suite du système décimal, système conventionnel qui n'a rien de commun avec les lois de la Physique.

4° - **Pression osmotique. Osmose.** — Cette attraction entre l'eau et les molécules dissoutes s'est traduite jusqu'ici par une rétention de l'eau. Elle va maintenant se manifester par un déplacement de l'eau libre du voisinage vers la solution. Si mince que soit une cloison imperméable, elle ne laisse pas cette attraction se manifester. Il faut pour cela le contact: si le contact entre la solution et l'eau pure est immédiat, il y a mélange par *diffusion;* s'il a lieu par l'intermédiaire d'une membrane poreuse, qui se laisse mouiller, l'eau traverse la membrane et est capable de vaincre une certaine résistance pour pénétrer dans la solution. Cette membrane peut être d'origine organique (vessie, intestin, parchemin) ou inorganique (précipité de ferro-cyanure de cuivre dans les mailles d'un vase de terre poreuse). Deux vases contenant l'un de l'eau pure, l'autre la solution, séparées par une membrane poreuse constituent un *osmomètre.* Dans l'osmomètre, le niveau monte dans le vase contenant la solution et la difference de niveau représente la résistance vaincue par la force osmotique.

Mais cette différence de niveau ne mesure pas la valeur initiale de la force osmotique, car la solution, en absorbant de l'eau, se dilue, et nous verrons que la force osmotique diminue avec la concentration.

Pour mesurer la force osmotique, on peut presser avec un piston ou d'autre manière, sur la surface libre de la solution. On voit alors que, quand on comprime, de l'eau repasse de la solution dans le vase à eau pure, et quand on décomprime, de l'eau pure repasse dans la solution. A chaque instant la charge du piston mesure la force osmotique de la solution au degré de concentration où elle est à ce moment. Pour avoir la force osmotique initiale de la solution, il faut faire ressortir toute l'eau qui y était entrée. La force osmotique faisant équilibre à une pression vraie peut être considérée elle même comme une pression, de sens contraire, d'où le nom qui lui a été donné de *pression osmotique* que l'on figure par le simbole π.

Les lois régissant la valeur de π sont parallèle à celles de φ, de θ et de Δ. π est proportionnel, pour une même substance à la concentration en poids c de la solution; quelle que soit la substance, il est proportionnel à la concentration moléculaire m; il est, enfin, proportionnel à la température absolue $T_\pi = 273 + t$.

Corollaire: A même température, toutes les solutions équimoléculaires ont le même π et sont dites *isotoniques;* le plus concentrées sont dites *hypertoniques* par rapport aux moins concentreés dites *hypotoniques.* Ces termes n'ont jamais qu'une valeur comparative. Dans l'osmomètre, une solution hypotonique cède de l'eau à une hypertonique jusqu'à ce que les deux solutions soient isotoniques.

La pression osmotique n'a pas une valeur faible. Elle n'est pas de quelques grammes comme φ, θ et Δ étaient de quelques dixièmes de degré. Elle est considérable: pour la solution normale, elle dépasse 22 atmosphères (22,35 à 0°) et serait par conséquent capable de soutenir une colonne d'eau de 230 mètres!

Van-t-Hoff a remarqué qu'elle est précisément égale à la pression de vapeur du corps dissout. Si l'on réduit en vapeur une molécule d'alcool, cette vapeur occupe, à la pression ordinaire, litres 22,35 et, si on pouvait, sans la condenser, la comprimer jusqu'à la réduire à 1 litre, elle acquerrait, d'après la loi de Mariotte, atm. 22,35. De même pour les corps non volatils, sucre, urée. Le calcul montre que, à la pression ordinaire, une molécule fournirait litres de vapeur 22,35, qui réduits à 1 litre donnerait encore la même pression de atm. 22,35. D'une façon générale, quel que soit le poids de substance dissoute dans un volume quelconque de solution, sa pression osmotique a la même valeur que la pression qu'aurait, ramenée au même volume, la vapeur produite par la vaporisation du même poids de ce corps à la même température. Les variations de pression dépendant des variations de température sont aussi les mêmes, proportionnelles dans les deux cas à T.

Van-t-Hoff a été conduit par cette remarque à penser que le corps dissout était dans l'eau à l'état gazeux.

Il résulte de ce qui précède, ainsi que des lois énoncées plus haut, que la formule générale de la pression osmotique est identique à celle, qui régit la pression P des gaz. On a: $\pi = P = \frac{RT}{V}$ on T est la température absolue $= 273 + t$ et R est la constante déjà déterminée pour les gaz $= 0{,}848$ en kilogrammes-mètres et 0,0821 en atmosphères, et V le volume en litres du gaz ou de la solution.

Pour donner à cette formule une forme comparable à celle des précédentes, remarquons que $\frac{1}{V} = m$. En effet, V litres est, dans la formule, le volume contenant 1 molécule; si donc V litre contiennent 1 molécule, 1 litre contiendra $\frac{1}{V}$ molécules; or m est, par définition, le nombre de molécules contenu dans 1 litre.

La formule devient alors: $\pi = RTm = 0{,}0821\ Tm$, π étant évalué en atmosphères et m en nombre de molécules contenu dans un litre de solution. On remarquera que, dans les conditions physiologiques les plus extrêmes, t ne varie guère que de 0 à $+40°$, et T de 273 à 313, ce qui fait seulement $^1/_8$ environ.

De même que la pression des gaz est produite par les mouvements des molécules gazeuses heurtant la paroi du récipient, de même, d'après Van-t-Hoff, la pression osmotique serait produite par le mouvement des molécules de la substance dissoute.

L'existence de ce mouvement semble avoir sa démonstration objective dans l'existence du mouvement brownien. Les chocs des molécules étant individuellement très faibles et de direction quelconque ne peuvent mouvoir un solide un peu gros suspendu dans le liquide, parce que le corps à mouvoir a une grande inertie et que les chocs étant extrêmement nombreux sont presque tous annulés par des chocs de direction opposée, en sorte que leur résultante est faible. Mais si la particule est très petite, son inertie est faible, les chocs qu'elle reçoit étant peu nombreux à chaque instant, leur résultante est, proportionnellement, moins négligeable et suffit à déplacer la particule. C'est ce qui arrive dans le mouvement brownien. Il en est de même pour les bulles gazeuses incluses dans les liquides enfermés dans des cavités microscopiques des roches d'origine éruptive et qui, depuis des centaines de siècles, sont en perpétuel mouvement. D'ailleurs, ainsi qu'il était à prévoir, ces petits mouvements changent de sens à chaque instant et constituent une sorte de danse sur place qui n'éloigne que très lentement les particules de leur position initiale. La théorie qui attribuait le mouvement brownien aux variations de la température est fausse, car, s'il est vrai que l'élévation de température augmente ce mouvement, il n'est pas vrai que ce dernier tende vers zéro quand la température tend à devenir fixe: il est plus actif pour une température élevée uniforme que pour une temperature basse, variable.

Il y a donc de bonnes raisons de croire que les chocs des molecules sont l'origine de π comme ils sont celle de P. Mais il y a une difficulté à concevoir la chose objectivement. La pression osmotique est centripète pour la solution, tandis qu'elle devrait être centrifuge comme celle des gaz. D'autre part, cette pression formidable de 22 atm. par molécule gramme dissoute devrait se manifester, comme celle d'un gaz sous pression par quelques effets extérieurs moins silencieux que ceux de l'osmose.

A cette seconde objection, on pourrait répondre que, la surface du liquide étant la limite infranchissable des molécules dissoutes, la pression qu'elles exercent ne peut se manifester au dela de cette surface, sur les parois extérieures au liquide. Mai cela est en contradiction avec l'explication ci-dessus du mouvement brownien.

On a essayé de tourner la première difficulté en disant: la substance dissoute cherche à occuper le plus grand espace liquide possible, comme un gaz cherche à occuper le plus grand espace libre possible. Or, les molécules, ne pouvant franchir la membrane, n'ont d'autre moyen d'occuper un plus grand espace liquide que d'attirer du liquide du côté où elles sont confinées: d'où l'osmose. Cette conception d'une solution raisonnant sagement et, au lieu de s'épuiser en vains efforts pour pousser, tournant la difficulté en

attirant, est bien peu satisfaisante. Il faudrait montrer comment, par suite de quelles conditions, la pression centrifuge π peut se manifester par un appel de molécules d'eau. Jusque là, il est plus sage de se contenter d'une définition analytique et de dire que π est la pression qu'il faut exercer sur la solution pour empêcher l'eau d'y pénétrer, en distingant, comme l'a fait Van-t-Hoff, la pression π, effet de la pénétration de l'eau, de la cause inconnue de cette pénétration.

Nernst a proposé une explication suggestive du phénomène de l'osmose: les deux liquides émettent des vapeurs ayant la tension qui correspond à leur concentration; le plus dilué émet donc plus de vapeurs que l'autre et envoie ainsi vers l'autre plus d'eau qu'il n'en reçoit de lui. C'est parce que φ est maximum pour l'eau pure que c'est toujours celle-ci qui passe vers les solutions.

Nous ne nous sommes occupés jusq'ici que des mouvements de l'eau. Mais il n'existe pas de membrane rigoureusement semi-perméable: celle de ferrocyanure de cuivre elle même laisse passer non seulement les quelques substances souvent citées (colorants acides, chlorure de fuchsine, ponceau 3B) mais un très grand nombre d'autres substances, y compris NaCl. Quant aux membranes animales, elles laissent passer plus ou moins facilement, à peu près toutes les substances. Pour déterminer π on s'est efforcé, et avec raison, de réaliser des membranes aussi semi-perméables que possible; mais de telles membranes n'existent pas dans les organismes; elles seraient incompatibles avec les échanges nutritifs et sécrétoires.

Contrairement à ce que l'on croyait autrefois, les membranes n'ont aucune action sur π, qui dépend uniquement des solutions en présence. Mais elles en ont une grande, différente suivant leur nature, sur la vitesse de passage des substances dissoutes.

L'influence des membranes sur les échanges osmotiques de substances autres que l'eau est mal connue; elle mériterait d'être étudiée à fond, car elle est d'intérêt capital pour la Biologie.

Comment les membranes interviennent-elles dans les échanges des substance dissoutes? Deux théories ont été émises, celle du crible et celle de l'imbibition.

D'après la *théorie du crible,* les membranes seraient percées de pores d'un certain diamètre, laisseraient passer les substances dont les molécules sont plus petites que les pores et retiendraient les autres. L'eau passe toujours parce que la molécule H^2O est la plus petite (assertion confirmée, comme nuos le verrons plus loin, à propos de la vitesse des ions). Cette conception simpliste peut être en partie vraie, mais elle ne suffit pas, étant en contradiction avec le fait suivant. Une membrane laisse passer les substances A, B et C; une autre laisse passer A et B et retient C: on en

conclut que C a des molécules plus grosses que A ou B; mais une 3ᵉ laisse passar A ou C et retient B.

Ostwald a cherché à sauver la théorie en disant que toute membrane laisse passer une molécule quand elle laisse passer le plus gros de ses ions (voir plus loin la signification de ce terme) et retient les molécules dont un des ions est trop gros pour ses pores. Mais on trouve ici des contradictions du même genre que la précédente.

D'aprés la *théorie de l'imbibition*, une membrane laisse passer les substances auxquelles elle peut s'unir par une sorte d'acte physico-chimique constituant l'imbibition. Ainsi, quand on sépare de l'eau et de l'alcool par une vessie de porc, l'eau va vers l'alcool, parce qu'elle mouille la vessie mieux que ne fait l'alcool; quand on les sépare par une membrane de caoutchouc, l'alcool va vers l'eau parce que le premier imbibe le caoutchouc, ce que ne fait pas la seconde. De même, quand on superpose dans un vase du chloroforme, de l'eau et de l'éther, peu à peu tout l'éther passe dans le chloroforme parce qu'étant plus soluble dans l'eau que le chloroforme, il traverse la couche d'eau plus rapidement que ne fait ce dernier [1].

Résumé. — Rappelons les formules de φ, θ, Δ et π et résumons leurs relations remarquables (valables seulement pour le solvant eau):

$$\varphi = 0{,}018m, \quad \theta = 0{,}52m, \quad \Delta = 1{,}85m, \quad \pi = 0{,}0821\,Tm.$$

Cette égalité, à un coefficient près, tient à ce qu'il faut la même dépense d'énergie pour effectuer le même travail consistant à séparer l'eau de la solution, à vaincre l'attraction de l'eau pour les molécules, quel que soit le mode de cette séparation, évaporation, ébullition, congélation ou osmose, sauf à tenir compte des travaux accessoires de changement d'état de l'eau, et autres; et ce sont ces travaux accessoires que mesurent les coefficients différents dans les diverses formules.

La température n'intervient que dans la formula de π parce que φ est indépendant de la température et que dans θ et Δ, la température est celle d'ébullition ou de congélation du solvant qui, étant fixe, passe dans le coefficient numérique.

De ces formule on tire les relations:

$$\frac{\varphi}{\theta} = 0{,}0346; \quad \frac{\varphi}{\Delta} = 0{,}01; \quad \frac{\theta}{\Delta} = 0{,}281;$$

$$\frac{\pi}{\varphi} = 4{,}566\,T; \quad \frac{\pi}{\theta} = 0{,}158\,T; \quad \frac{\pi}{\Delta} = 0{,}044\,T.$$

[1] Récemment, Flusin (Thèse de Doctorat de Paris) a montré comment la théorie de l'imbibition satisfait à la plupart des exigences de la question.

Le fait remarquable que φ, θ, Δ et π sont proportionnels à m a une signification importante.

Opérant à température uniforme, si l'on prend une quantité d'un gaz ou d'une vapeur quelconque occupant 1 litre à la pression ordinaire et qu'on réduise son volume, sa pression augmente et devient la même, à volume égal, quelle que soit la substance qui forme la vapeur ou le gaz. Si vraiment la pression est due au choc des molécules contre les parois du récipient, il y a là une bonne raison de croire que cette pression est indépendante de la nature des molécules et dépend seulement de leur nombre, en sorte que, à volume égal, la pression est proportionnelle au nombre des molécules et, à pression égale, le nombre des molécules est proportionnel au volume du gaz ou de la vapeur. Or nous avons vu que, si l'on pouvait vaporiser un nombre de grammes d'une substance quelconque égal à son poids moléculaire (342 gr. de sucre, ou 60 gr. d'urée), la vapeur produite occuperait, à la pression ordinaire, un volume identique (22 litres 35) quelle que soit la substance. On peut donc conclure de là que ces poids de substance contiennent un même nombre de molécules. Ainsi, toutes le solutions normales contiennent un même nombre de molécules et le facteur m indiquant la concentration moléculaire est proportionnel au nombre vrai de molécules contenu dans un litre de solution: à un coefficient fixe (et inconnu) près, on peut même dire qu'il indique leur nombre. Si donc m indique le nombre de molécules contenu dans la solution, le fait que φ, θ, Δ et π sont proportionnels à m (et à lui seul, sauf intervention de la température pour π) prouve que ces variables sont indépendantes de la nature des molécules et dépendantes seulement de leur nombre. Individuellement, toute molécule, quelle que soit sa nature, exerce les mêmes φ, θ, Δ et π. C'est ce que l'on exprime en disant que φ, θ, Δ et π sont des ***propriétés additives.*** Dans la conception proposée ici de la nature de ces propriétés, nous dirons que toutes les molécules, quelle que soit leur nature, attirent et retiennent l'eau avec la même énergie: φ, θ, Δ et π sont des expressions equivalentes de cette attraction et ne diffèrent qu'en raison de travaux accessoires résultant des conditions diverses où s'exerce la rétention ou l'attraction de l'eau dans l'évaporation, la vaporisation, la congélation et l'osmose.

B. Substances ionisables.

Les lois que nous venons d'exposer ne s'appliquent qu'à des substances organiques n'ayant point de fonction acide ou basique accentuée. Beaucoup plus nombreux sont les acides et les bases, organiques ou inorganiques et leurs sels. Pour ces substances, les

effets produits sont toujours supérieurs à ce qu'indique la théorie et les lois ci-dessus ne s'appliquent qu'avec une correction dont il faut indiquer la valeur et expliquer la cause.

Si l'on prend deux solutions normales, l'une de sucre (342 gr. par litre), l'autre de NaCl (58 gr. 5):

tandis que, pour la 1ère $\varphi = 0^{\circ},185$, pour la 2e $\varphi' = 0^{\circ},314$
» » » $\theta = 0^{\circ},52$, » » $\theta' = 0^{\circ},88$
» » » $\Delta = -1^{\circ},85$ » » $\Delta' = -3^{\circ},14$
» » » $\pi = 22^{atm},35$ » » $\pi' = 38^{atm}$.

Cela nous amène immédiatement à la conception des ions. Puisque nous avons vu que la force avec laquelle l'eau est retenue dans la solution ou attirée vers elle dépend uniquement du nombre des molécules, si ces solutions acides, basiques ou salines retiennent ou attirent l'eau plus qu'elles ne devraient d'après le nombre apparent de leurs molécules, c'est qu'elles contiennent plus de molécules qu'elles ne paraissent en contenir, et pour qu'il en soit ainsi, il n'y a qu'une possibilité, c'est que les molécules dissoutes soient dissociées: NaCl en Na et Cl, A_zO^3H en A_zO^3 et H, KOH en K et OH. Les éléments de cette disociation sont les *ions*. Ce n'est pas par cette voie qu'on est arrivé à la conception des ions, mais, au point de vue didactique, il semble avantageux et plus clair de présenter la chose ainsi. Disons par anticipation qu'on distingue sous les noms de *anions* et de *cations* les deux sortes d'ions fournis par la dissociation des molécules. Nous verrons plus loin leurs caractères différentiels.

Dans l'exemple numérique donné ci-dessus, on remarquera que les valeurs de φ', θ', Δ', π' sont dans un même rapport avec celles de φ, θ, Δ, et π: elles sont égales à ces dernières multipliées par le coefficient 1,7. Ce n'est pas une circonstance fortuite. Il en est toujours ainsi. Si pour une solution donnée, acide, basique ou saline, $\varphi' = n\varphi$ par rapport une solution de sucre ou d'urée de même concentration moléculaire, on aura de même $\theta' = n\theta$, $\Delta' = n\Delta$ et $\pi' = n\pi$. Ce facteur par lequel il faut multiplier φ, θ, Δ, ou π pour avoir φ', θ', Δ', au π', se nomme le *coefficient d'ionisation;* on le désigne par la lettre i et l'on a $\varphi' = i\varphi$, $\theta' = i\theta$, $\Delta' = i\Delta$, $\pi' = i\pi$. Nous apprendrons à le déterminer, mais nous voyons dès mentenant qu'après l'avoir déterminé pour l'une quelconque des valeurs tonomètrique, ébullioscopique, cryoscopique ou osmométrique, il sera valable pour les trois autres.

D'après cela, la signification du facteur i est facile à comprendre. C'est le nombre par lequel il faut multiplier le nombre des molécules dissoutes pour avoir le nombre total des particules en solution: molécules restées entières plus particules (ou ions) provenant de la fragmentation de celles qui se sont dissociées

(ionisées). Ainsi, dans l'exemple numérique ci-dessus, supposons qu'il agisse du NaCl. La solution étant normale, nous avons dissous 1 molécule-gramme de NaCl: disons, pour la commodité du langage, 10 molécules. i étant égal à 1,7, y a, en tout 17 molécules + ions. Chaque molécule NaCl donnant 2 ions, 1 Na, 1 Cl, on voit que la seule possibilité est:

7 Na, 7 Cl	provenant de	7 NaCl
3 NaCl	» »	3 NaCl
Total 17 molécules + ions	» »	10 NaCl molécules.

Cela permet donc de reconnaître que sur 10 molécules, il y en a 3 restées entières et 7 dissociées en 14 ions.

De quoi dépend le nombre des ions. — L'expérience montre que le nombre des molécules dissociés dépend de 3 facteurs: la *concentration*, la *température*, la *nature du corps*.

Concentration. Le nombre des ions est, *absolument*, d'autant plus grand que la solution est plus diluée. Toute solution très diluée a toutes ses molécules ionisées; à mesure que l'on ajoute de nouvelles quantités du corps dissout chaque dose fournit un nouvel essaim d'ions, mai plus la concentration augmente, plus est faible le nombre d'ions libérés dans une nouvelle addition de molécules, jusqu'à une limite atteinte quand la solution est saturée. On n'a malheureusement pas trouvé de loi simple et rigoureuse définissant la relation entre l'ionisation et la concentration.

Température. L'ionisation varie avec la température d'une façon complexe, variable suivant les subtances: elle augmente en général mais parfois diminue.

Nature de la subtance dissoute. Chaque corps a son coefficient d'ionisation propre.

Tout cela complique, d'une façon fâcheuse, les question restées simples jusqu'ici.

Tandis que pour φ, θ, Δ et π, la nature du corps n'intervenait pas et la variation par rapport à la concentration moléculaire suivait la loi très simple de la proportionnalité directe; pour φ', θ', Δ' et π', intervient un facteur i qui varie suivant la nature de la substance et suivant la concentration sans relation simple.

Les effets restent, ici encore, indépendants de la nature de la substance en ce sens que φ', θ', Δ' et π' restent les mêmes quelle que soit la nature des molécules ou des ions qui les déterminent, mais ils en dépendent en ce sens que, selon la nature de la substance, et pour une même concentration, de la solution, le nombre des ions libérés varie. Dissouts dans un même volume de solution, mNaCl + nNa + nCl = 1000 produiront le même effet que

$m'KCl + n'K + n'Cl = 1000$; mais deux solutions également concentrées, de NaCl et de KCl produiront des effets très différents parce que leur ionisation sera différente.

Calcul du coefficient i. — Il serait important de pouvoir déterminer la valeur de i par le calcul. Ostwald a remarqué que la loi des équilibres chimiques de Guldberg et Waage s'appliquait à l'ionisation. Cette loi dit que, dans une réaction chimique où deux corps dissouts en produisent un 3e qui reste en solution, le rapport du produit des masses des constituants à la masse du constitué est constant.

Soit une solution contenant m molécules dans un litre et appelons δ le *degré de dissociation*, c'est-à-dire le rapport du nombre des molécules dissociées au nombre des molécules initiales: il y aura dans la solution

$m\delta$ anions
$m\delta$ cations
$m - m\delta = m(1 - \delta)$ molécules entières.

Soient, maintenant, p_a et p_c les poids atomiques ou moléculaires des anions et des cations.

La masse des anions sera: $m\delta p_a$
» » » cations » $m\delta p_c$
» » » molécules entières » $m(1 - \delta)(p_a + p_c)$.

Et, d'après la loi, on aura:

$$\frac{m\delta p_a \times m\delta p_c}{m(1 - \delta)(p_a + p_c)} = C$$

ou

$$\frac{m\delta^2}{1 - \delta} \times \frac{p_a \times p_c}{p_a + p_c} = C$$

Mais, pour un corps donné, et quelle que soit la concentration, $\frac{p_a \times p_c}{p_a + p_c}$ est constant.

On a donc:

$$\frac{m\delta^2}{1 - \delta} = K \text{ [1]}.$$

[1] Cette formule est intéressante à divers titres:

Elle rend compte du fait que le dissociation augmente quand on augmente la dilution, car on voit que si m diminue, δ doit devenir plus grand.

Elle explique ce fait que, si à un électrolyte on en ajonte un autre qui ait un ion commun avec lui, si cet ion est à une concentration moindre dans le second, le dissociation augmente dans le prèmier, car ce sera comme si on ajontait de l'eau. Ce sera l'inverse si la concentration est plus forte. Il n'y a pas de changement si la concentration est égale, auquel cas les deux

On en tire:

$$\delta = \frac{-K \pm \sqrt{K^2 + 4mK}}{2m}.$$

Supposons que la moitié des molécules soit dissociée. On aura $\delta = \frac{1}{2}$ et $K = \frac{m}{2}$.

Ainsi K est égal à la moitié du nombre qui exprime la concentration moléculaire pour la dilution où la moitié des molécules est dissociée. On peut donc déterminer K pour chaque corps par une mesure directe et déterminer δ, par le calcul, pour une concentration quelconque. δ donne i de la façon la plus simple.

Si, en effet, on a dissout m molécules, après la dissociation, il y aura $m\delta$ anions $+ m\delta$ cations $+ m(1-\delta)$ molécules entières, soit, en tout: $m(\delta + \delta + 1 - \delta) = m(1+\delta)$. Ce facteur $1+\delta$ est donc précisément le nombre par lequel il faut multiplier m pour avoir le nombre total de particules; c'est donc le facteur i. On a donc $i = 1 + \delta$. La formule qui permet de calculer δ donnerait donc i et permettrait de calculer φ', θ', Δ' et π'.

Malheureusement, cette formule ne s'applique qu'aux corps faiblement dissociés: les acides forts, les bases fortes, les sels neutres ont une dissociation autre que celle qu'indique la formule [1]. Cela tiendrait, pense-t-on, à ce que les ions et les molécules entières forment avec l'eau des associations qui diminuent le nombre des élements.

Van-t-Hoff a proposé pour ce cas une formule modifiée:

$$K = \frac{md^2}{(1-\delta)^2}$$

solutions sont dites *isohydriques*. Comme corollaire, si à une solution on ajoute un corps ayant un ion commun, mais à l'état solide, la concentration de cet ion augmente forcément et un certain nombre d'ions se réassocient en molécules, ce qui, ainsi que nous le verrons plus loin, a pour effet de diminuer la propriété afférente à cet ion. Ainsi, en ajoutant à une solution d'acide acétique un acétate solide, on diminue l'acidité de la solution.

[1] On dit, d'ordinaire, que la dissociation est moins forte que celle qu'indique la formule. Elle est moins forte pour les concentrations moins élevées que celle ou $\delta = 0{,}5$, plus forte pour les autres. La formule donne pour K une série de valeurs qui vont en croissant avec m et il n'y a aucune raison de choisir celle qui correspond à $\delta = 0{,}5$ si ce n'est que le calcul est plus aisé dans ce cas. Ces valeurs de K, très différentes pour les concentrations élevées, tendent vers une limite fixe pour les grandes dilutions. C'est cette valeur limite qu'il faudrait prendre, et dire alors que la formule donne pour δ des valeurs trop faibles.

qui donne:

$$\delta^3 - \frac{K}{m}\delta^2 + \frac{2K}{m}\delta - \frac{K}{m} = 0$$

équation inutilisable parce que sa formule de résolution est trop compliquée.

Rudolphi en a proposé une plus simple:

$$K = \frac{\delta^2\sqrt{m}}{1-\delta},$$

qui donne:

$$\delta = \frac{-K \pm \sqrt{K^2 + 4K\sqrt{m}}}{3\sqrt{m}}.$$

Cette formule est plus maniable, mais elle a, comme la précédente l'inconvénient d'être entièrement empirique.

Enfin toutes ces formules ne s'appliquent qu'au cas où les molécules se dissocient en 2 ions: quand la dissociation fournit plus de 2 ions (par exemple SO^4H^2 qui fournit SO^4, H, H, ou $MgCl^2$ qui fournit Mg, Cl, Cl) la loi des équilibres chimiques devient beaucoup plus compliquée.

Dans le cas où il y a z ions au lieu de 2, la formule $i = 1 + \delta$ devient $i = 1 + (z-1)\delta$, ainsi qu'il est facile de s'en assurer.

Les formules ci-dessus, $\varphi' = i\varphi$, $\theta' = \theta$, $\Delta' = i\Delta$, $\pi' = i\pi$, nous donnent le moyen de trouver par une expérience de tonométrie, d'ébullioscopie, de cryoscopie ou d'osmométrie la valeur $i = 1 + \delta$ (ou, éventuellement $1 + (z-1)\delta$) et par conséquent de δ pour une concentration donnée m. La valeur δ étant connue, nous permet de résoudre l'équation $K = \frac{m\delta^3}{1-\delta}$ $\left(\text{ou } K = \frac{\delta^2\sqrt{m}}{1-\delta}\right)$ et, K étant connu, permet de trouver δ pour toutes les valeurs de m.

La 2e formule étant peu rigoureuse ne donne que des résultats peu corrects dans les cas très nombreux où on voudrait l'appliquer.

Mais il ya un moyen direct de déterminer δ; ce moyen est fourni par la *conductivité électrique.*

CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE.

Si l'on cherche à faire passer un courant électrique à travers de l'eau rigoureusement pure, on constate que le courant ne passe pas. (Il passe un courant extrêmement faible dû à une très faible ionisation de l'eau, mais pratiquement ce fait est négligeable). Il en est de même pour les solutions des corps de la première catégories (sucre, urée, alcool, etc.). Au contraire, le courant passe dans les solutions plus ou moins ionisées, mais en les décomposant.

Voici à quelle interprétation du phénomène on a été conduit.

Les ions sont de deux sortes: les uns *cations* ont des charges électriques positives, les autres *anions* des charges négatives. Les molécules des électrolytes sont formées de l'union d'un (ou plusieurs) cation et d'un (ou plusieurs) anion dont les charges se saturent l'une l'autre, en sorte qu'elles sont électriquement neutres. L'ionisation consiste dans la dissociation de la molécule en ses ions constituants qui deviennent libres dans la solution, laquelle n'en reste pas moins neutre dan son ensemble.

Quand on plonge dans la solution les deux électrodes d'une pile, ces életrodes présentent une différence de potentiel, l'anode ayant une charge + et la catode une charge —. Les cations + sont attirés par le catode — et les anions — par l'anode +. Au contact des électrodes ils perdent leurs charges en saturant une quantité d'électricité égale à celle qu'ils portaient et que la pile doit fournir *de novo* pour mantenir aux électrodes leur différence de potentiel.

Lorsqu'on ferme le circuit d'une pile par un conducteur métallique, celui-ci conduit le courant sans éprouver aucun changement chimique. Dans le cas actuel le phénomène est tout autre. Les solutions électrolytiques n'ont pas trace de *conductibilité* metallique, et leur conductivité est liée au transport des ions: c'est pour cela que le passage du courant ne peut se faire qu'avec décomposition de l'électrolyte. Ce serait se faire du phénomène une idée non conforme à la conception proposée que de concevoir un courant préexistant entraînant les ions: les ions sont attirés, en raison de leurs charges vers les électrodes de signe opposé et ces déplacements des ions sont le courant lui-même.

On a objecté que les ions et leurs charges pourraient être un effet du courant, lequel scinderait les molécules et chargerait leurs éléments constituants. Cela est inadmissible, car: 1° φ', θ', Δ' et π' nous montrent les ions existants sans intervention d'un courant; 2° un courant, si faible qu'il soit décompose toujours un électrolyte. Si le courant est très faible, la décomposition peut être très lente; si les électrodes se polarisent, il peut s'arrêter, mais la décomposition commence toujours. Avec des électrodes impolarisables, on a pu décomposer de l'eau acidulée avec un voltage si faible qu'il fallait plusieurs mois pour obtenir 1^{cmc} d'H. Cela prouve que les ions préexistent dans la solution, car s'il n'en était pas ainsi, il foudrait une certaine énergie pour rompre les molécules et pour charger les ions, et la décomposition ne commencerait que lorsque le courant aurait fourni une énergie égale à cette limite inférieure.

Le fait que, dans son ensemble, la solution ionisée est électriquement neutre, montre que les ions provenant de la dissociation d'une molécule ont des charges dont la somme algébrique est nulle.

Cela permet de se faire une idée bien objective de la *valence* et de reconnaître l'égalité de charge de tous les ions, à un coefficient près, qui est celui de la valence.

Ainsi, parlant de la valeur des charges, on peut dire que NaCl étant neutre, $Na^{+} = Cl^{-}$.

De même, KCl étant neutre, $K^{+} = Cl^{-}$.

Donc $Na^{+} = K^{+}$, et ainsi de même, de proche en proche pour tous les cations et anions monovalents.

D'autre part, dans $CaCl^{2}$, Ca devant saturer $Cl^{+} + Cl^{+}$ doit avoir une charge $- =$ deux charges $+$, ce qu'on exprime en écrivant $Ca^{--} = 2Cl^{+}$. De même on a, dans $A_{2}O^{4}H^{2}$, $A_{2}O^{4--}$ et $2H^{+}$, dans $PO^{4}NaH^{2}$, PO^{4---}, Na^{+} et $2H^{+}$, etc.

Le charge de l'ion monovalent est considérée comme étant l'unité électrique la plus petite qui puisse exister, l'*électron*.

En résumé, on peut dire que toutes les charges sont égales et que les ions portent un nombre de charges égal à leur valence.

Puisque les ions seuls et non les molécules conduisant le courant, la condutivité électrique μ dépend, non comme φ', θ', Δ' et π' du nombre total des particules libres (molécules + ions), mais du nombre des ions seulement, en sorte qu'elle mesure directement l'ionisation, la dissociation. Suivant la conception d'Arrhenius, μ est proportionnel au nombre des ions.

On mesure la conductivité en prenant l'inverse de la resistance exprimée en Ohms, soit au moyen d'un pont de Wheastone qui permet de comparer la résistance de la solution à une résistance connue, soit en notant directement (dans une expérience instantanée ou en renversant fréquemment les poles pour éviter l'électrolyse et la polarisation) la force électromotrice E au moyen d'un Voltmètre et l'intensité I au moyen d'un Ampère-mètre et en appliquant la loi d'Ohm $R = \frac{E}{I}$. C'est le premier procédé qu'on emploie le plus souvent.

On est convenu de prendre pour mesure de la conductivité d'une solution la conductivité d'un cylindre de cette solution ayant pour hauteur 1^{cm} et pour bases 1^{cm^2}. Cette conductivité dépend du nombre d'ions contenu dans ce cylindre de 1^{cm^3}. Elle est donc fonction du degré de dissociation δ mai ne donne pas d'indications immédiates sur ce degré. Si, en effet, l'on dilue une solution, sa dissociation augmente mais moins vite que son volume, en sorte que 1^{cm^3} contient moins d'ions et que sa conductivité diminue. Dans ce cas, la conductivité et la dissociation varient donc en sens inverse. Pour tirer de l'expression de la conductivité des indications simples et immédiates sur la dissociation, il faut lui donner une autre forme où il soit tenu compte de la totalité des ions que contient la solution. Un calcul bien simple en donne le moyen.

Soit α la conductivité d'une solution de concentration m. Si m molécules occupent 1 litre, 1 molécule occupera $\frac{1}{m}$ litres ou $\frac{1000}{m}$ cm³. Puisque chaque cm³ a la conductivité α, la solution entière (si l'on dispose l'expérience de manière que tous les cm³ soient traversés séparément par une portion du courant) aura pour conductivité $\frac{1000\alpha}{m}$. Cette expression nouvelle est ce qu'on appelle la *conductivité moléculaire*: c'est celle qu'on observerait si une quantité de solution contenant 1 molécule-gramme occupait dans le courant un cylindre n'ayant que 1cm de hauteur et à bases assez large pour contenir la molécule quel que soit le volume de l'eau où elle est dissoute, afin que tous les ions participent de la même manière à la condution des courant, quelle que soit la dilution. On représente la conductivité moléculaire par le symbole μ_v, l'indice v indique en litres, le volume de solution qui contient 1 molécule gramme.

Si on appelle N_v et $N_{v'}$ les nombres d'ions libres dans deux solution contenant une molécule d'une même substance dissoute dans les volumes v et v' en litres, on a, d'après Arrhenius:

$$\frac{N_v}{N_{v'}} = \frac{\mu_v}{\mu_{v'}}.$$

A mesure que l'on dilue une solution, on voit sa conductivité moléculaire augmenter, mais non pas indéfiniment. À partir d'une certaine dilution, d'ailleurs très-grande, μ atteint une limite qu'il ne dépasse plus. On pense qu'alors, toutes le molécules sont ionisées, en sorte que le nombre des ions ne peut plus augmenter. On a atteint alors la conductivité moléculaire limite μ_∞. Dans ce cas, la formule ci-dessus s'applique encore et l'on a:

$$\frac{N_v}{N_{v'}} = \frac{\mu_v}{\mu_\infty}.$$

N_v représente toujours le nombre d'ions libres dans la solution considérée; $N_{v'}$ représente le nombre total d'ions que fournissent les molécules dissoutes quand leur dissociation a été complète. Or ce rapport est le même que celui du nombre des molécules dissociées au nombre des molécules dissoutes: il représente donc une autre définition de δ, en sorte que l'on peut écrire: $\delta^v = \frac{\mu_v}{\mu_\infty}$, ce qui veut dire que le degré de dissociation δ d'une solution donnée est égal au rapport de la conductivité moléculaire de la solutions à la conductivité moléculaire limite ou maxima de la même substance. La valeur de μ_∞ constitue pour chaque substance

une constante physique, qui a été mesurée pour un grand nombre de corps. Elle permet de calculer le δ d'une solution quelconque de ce corps (à la même température), lorsqu'on connait la conductivité moléculaire de cette solution. C'est généralement par ce moyen simple et précis que l'on détermine δ et par suite le facteur i.

Voici un tableau des valeurs des conductivités moléculaires des quelques uns des électrolytes les plus usités dans la parthénogénèse, en unités internationales, à 18°.

	$m = 0$ à 0,0001 (μ_∞)	$m = 0{,}01$	$m = 0{,}1$	$m = 0{,}5$	$m = 1$
Nacl	108,99	101,95	92,02	80,94	74,35
KCl	130,10	127,34	122,43	102,41	98,27
HCl	....	370	351	....	....
LiCl	98,88	92,14	82,42	70,71	63,46
A_zH^4Cl	133,6	....	....	....	....
A_zO^3H	....	368	350	324	310
SO^4H^2	....	616	450	410	396
PO^4H^3	318	255	....	....	66
$C^2H^4O^2$	107	14,30	4,60	2,01	1,32
A_zH^3	66	9,6	3,3	1,35	0,89
$C^2O^4K^2$	250,4	225,8	199,6	....	147,4
$CaCl^2$	230,4	206,8	186,6	149,8	135
$(A_zO^3)^2Ca$	223,8	199	165	131,4	111,8
$(C^2H^3O^2)^2Ca$	165,6	143,8	108	72,6	52,6
SO^4Ca	229,8	154	....	....	....
$A_zO^3A_zH^4$	126,1	118	106,6	94,5	88,8
$MgCl^2$	230,2	202,6	169,4	143	126,8
$MgSO^4$	222,8	152,2	99	70,4	57,8
PO^4HNa^2	....	162	132	100,5	74
PO^4H^2K	....	88,5	79,1	69,6	64,2
PO^4H^3	....	255	149,4	71,9	66,6
NaOH	....	203,4	195,4	174,1	157

Electrolyse.

Le nombre μ fait connaître le nombre d'ions libres dans la solution *à un moment donné*, au moment précis de l'observation. Mais si on laisse passer pendant quelque temps un courant continu, les ions, peu à peu, s'accumulent aux électrodes et se séparent ainsi de la masse du liquide. Les conditions d'équilibre définies par la loi de Guldberg et Waage sont donc détruites: Pour les rétablir un nouvel essaim d'ions prend naissance par dissociation de nouvelles molécules; ces ions se portent à leur tour aux électrodes, de nouvelles molécules se dissocient encore,

et ainsi de suite, tant qu'il y a des molécules en solution: c'est l'*électrolyse.*

L'électrolyse nous met donc sous les yeux et nous rend tangibles les ions que nous ne connaissions jusqu'ici que par leurs effets $\varphi' - \varphi$, $\theta' - \theta$, $\Delta' - \Delta$, $\pi' - \pi$, et μ. Pour les corps binaires tels que NaCl, HBr, etc., il n'y avait pas d'incertitude, mais pour ceux formés de plus de deux atomes, il n'en était pas de même. C'est elle qui nous apprend que A_2O^3H se dissocie en A_2O^3 et H et non autrement, H^2O en H et OH, KOH en K et OH, SO^4H^2 en SO^4, H et H, PO^4Na^2H en PO^4, Na, Na et H, etc., etc., et nous permet de reconnaître que c'est toujours l'ion hydrogène ou métallique qui porte la charge + et l'autre atome ou groupe d'atomes qui porte la charge —. (Cf. p. 78).

Mais il faut tenir compte des réactions secondaires qui se produisent aux électrodes: Na y donne NaOH et H, SO^4 y donne SO^4H^2 et O etc.

VITESSE DES IONS.

Lorsqu'on électrolyse une solution, au fur et à mesure que le liquide est décomposé, la concentration diminue. Il peut se faire que cette perte de concentration soit uniforme. Si, dans ce cas, on sépare la solution en deux moitiés correspondant chacune à une électrode par une membrane perméable aux ions et imperméable aux molécules, on constate que la perte de concentration est, à chaque instant, la même dans les deux moitiés de la solution. Ainsi, si on électrolyse de SO^4K^2, on constate que, lorsque deux atomes de K ont été transportés à la catode et une molécule de SO^4 à l'anode, il manque $^1/_2$ molécule de SO^4K^2 dans chaque moitié de la solution. Si, au contraire, on électrolyse du NaCl on trouve que la perte de concentration est environ deux fois plus forte dans la moitié catodique du bain que dans la moitié anodique. Cela tient à ce que, dans le déplacement des ions, l'anion Cl fait les $^2/_3$ du chemin et le cation Na $^1/_3$ seulement.

On peut s'objectiver la chose par le schéma ci-dessous (fig. 1). Avant le passage du courant, les ions Cl et Na sont uniformément répartis des deux côtés de la membrane *m*. Si le transport des ions Cl et celui des Na se faisait avec la même vitesse, il y aurait symétrie des deux côtés de la membrane et le nombre des molécules non décomposées serait le même des deux côtés: c'est le cas du SO^4K^2. Mais si les ions Cl marchent plus vite que les Na, on voit qu'il sortira plus d'ions Cl du compartiment — qu'il ne sortira d'ions Na du compartiment +, en sorte que le nombre des molécules non décomposées sera plus grand dans le compartiment + que dans le compartiment —, et que la perte

de concentration sera plus forte dans celui-ci que dans celui-là. On en conclut que les ions Cl ont une mobilité ou, comme on dit, une *vitesse* deux fois plus grande que les ions Na.

Les pertes de concentraction aux deux électrodes peuvent être représentées par la fraction de molécule décomposée au niveau

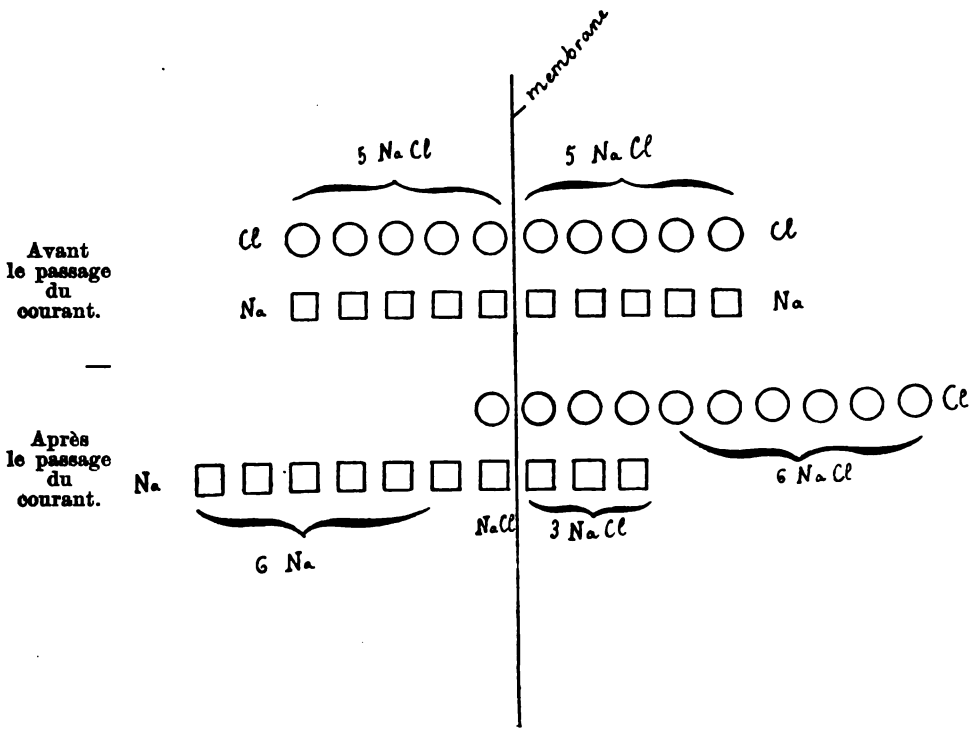

FIG. 1.

de chacune d'elles quand une molécule entière a été décomposée dans l'ensemble du bain; et, pour chaque molécule décomposée, ces deux fractions sont complémentaires, leur somme étant égale à l'unité. Si donc on appelle n la perte de concentration à la catode (facteur de transport de l'anion), $1-n$ sera la perte à l'anode (facteur de transport du cation). La vitesse des anions u et celle des cations v étant proportionnelles à ces pertes de concentration, on a la relation:

$$\frac{u}{v}=\frac{n}{1-n}.$$

Voici un tableau de valeurs n à la temperature ordinaire pour le électrolytes les plus usités dans la parthénogénèse.

	$m = 0,1$	$m = 0,3$	$m = 0,7$	$m = 1$
KCl	0,508	0,512	0,514	0,515
NaCl	0,627	....	0,634	0,648
LiCl	0,700	....	0,730	0,740
A_rH^4Cl	0,508	....	0,514	0,514
$CaCl^2$	0,680	....	....	0,690
$MgCl^2$	0,680	....	....	0,710
KI	....	....	0,511	0,511
NaI	....	0,626	....	....
KBr	....	....	0,520	....
SO^4K^2	....	....	....	0,500
SO^4Na^2	....	0,630	....	0,640
$MgSO^4$	....	....	0,656	....
CO^3K^2	....	....	0,440	....
CO^3Na^2	0,480	....	....	0,550
KOH	0,740	....	0,740	....
NaOH	0,840	0,800	....	0,830
HCl	0,210	0,160	0,170	....
SO^4H^2	0,210	....	....	0,170
A_rO^3Na	0,614	....	....	....

Les pertes de concentration n et $1 - n$ sont directement proportionnelles à l'intensité du courant; il en est de même des vitesses absolues des cations et des anions, mais le rapport $\frac{n}{1-n}$ et $\frac{u}{v}$, ce dernier exprimant les *vitesses relatives* des ions, en sont indépendants.

Ces mêmes rapports varient avec la concentration, mais sauf pour les concentrations très fortes, la variation est peu accusée. Enfin la température, outre son influence sur δ, augmente la vitesse des ions.

La conductivité d'une solution a pour mesure la quantité d'électricité qu'elle peut transporter dans l'unité de temps. D'après la conception d'Arrhénius, cette électricité est transportée toute entière par les ions; elle a donc pour facteurs, le nombre des ions, leurs valences et leurs vitesses.

Si donc la molécule est formée de z anions et de z' cations, ayant les valences φ et φ' et les vitesses u et v, m étant le nombre de molécules par litre et δ le degré de dissociation, il y aura $m\delta z$ anions et $m\delta z'$ cations, et les quantités d'électricité transportées

dans l'unité de temps seront, à une constante près: $m\delta z\varphi u + m\delta z'\varphi'\nu$. Soit K cette constante, on aura:

$$\mu = Km\delta(z\varphi u + z'\varphi'\nu').$$

Si la solution contient une seule molécule-gramme complétement dissociée, on aura $m = 1$, $\delta = 1$, et

$$\mu\,\infty = K(z\varphi u + z'\varphi'\nu').$$

Si la molécule est formée de 2 ions monovalents, $z = z' = 1$, $\varphi = \varphi' = 1$ et l'on a:

$$\mu\,\infty = K(u + \nu).$$

On peut au moyen d'une convention rendre cette formule simple applicable à tous les cas.

Remarquons d'abord que toujours $z\varphi = z'\varphi'$, car si un ion devient di- ou trivalent, il y en a 2 ou 3 fois moins dans la molécule que s'il était monovalent: ainsi, dans SO^4Mg comparé à SO^4Na^2, $1Mg^{++}$ tient la place de $2Na^+$. Le produit $z\varphi = z'\varphi'$ est égal au nombre de valences de l'ion le plus valent de la molécule. Donc, sous la réserve qu'il faudra multiplier μ par la valence de l'ion le plus valent de la molécule, on peut considérer comme générale la formule ci-dessus. C'est pour cela que, dans les tables, on donne en général la conductivité de NaCl, de KOH, mais de $^1/_2$ SO^4N^2, $^1/_3$ Fe^2Cl^6, etc., ces coefficients $^1/_2$, $^1/_3$ signifiant que les valeurs de μ s'appliquent à des concentrations égales à $^1/_2$ ou $^1/_3$ de celles indiquées par m et que, pour avoir les valeurs de μ correspondant à la concentration m, il faut multiplier par 2 ou par 3 les nombres indiqués dans les tables. En d'autres termes, les valeurs de μ indiquées dans les tables supposent les valences ramenées à l'unité, et pour avoir les valeurs vraies de μ, il faut multiplier celles des tableaux par le chiffre de la valence de l'ion le plus valent de la molécule.

Le facteur K est la quantité d'électricité transporté par un ion-gramme (c'est-à-dire un pois d'ions égal au poids atomique ou moléculaire de cet ion) monovalent entre des électrodes distantes de 1^{cm}, avec une différence de potentiel de 1 volt. Cette quantité, indépendente de la nature de l'ion est de 96537 Coulombs.

Cette relation permet de déterminer les valeurs de u et de ν. Elle donne en effet:

$$u + \nu = \frac{\mu}{K}.$$

D'autre part, de l'équation $\frac{u}{\nu} = \frac{n}{1-n}$, on tire:

$$u = n(u + \nu), \quad \nu = (1 - n)(u + \nu).$$

D'où

$$u = \frac{n\mu}{K}, \quad \nu = \frac{1 - n\mu}{K}.$$

Il suffit donc, pour avoir u et ν de multiplier la conductivité moléculaire de la solution considérée par l'abaissement de concentration correspondant et de multiplier le produit par le facteur $\frac{1}{K} = \frac{1}{96537} = 0{,}00001035$. Si l'on ne veut que les vitesses relatives, le plus souvent suffisantes dans la pratique, on peut supprimer $\frac{1}{K}$ et écrire $u = n\mu$, $\nu = (1 - \nu)\mu$.

Voici un tableau des vitesses relatives des ions les plus usités en biologie. Pour avoir les vitesses absolues en centimètres par seconde pour 1 volt par centimètre, en fonction de l'Ohm international, il suffit de multiplier les nombres ci-dessous par le facteur 0,00001035.

Vitesses relatives des divers ions à 18° dans des solutions entièrement dissociées.

H = 318	Mg = 92	$C^2H^3O^2 = 35$
OH = 174	Ca = 103,6	$CHO^2 = 47$
Cl = 65,4	Ba = 111	$C^3H^5O^2 = 31$
Br = 67,6	$AzO^3 = 61{,}8$	$C^2O^4 = 126$
I = 66,4	$SO^4 = 136{,}8$	
Fl = 46.6	$CO^3 = 140$	
K = 64,7	SCAz = 56,6	
Na = 43,6	$PO^4H^2 = 33{,}5$	
Li = 33,4		
$AzH^4 = 64$		

Il est facile d'en calculer d'autres au moyen des tables donnant n et μ par les diverses concentrations et les diverses températures, au moyen des formules ci dessus.

Les vitesses des ions sont des constantes physiques que l'on pourrait être tenté de rapporter à des proprietés particulières, à des énergies propres des ions. Mais il est plus simple d'admettre, comme l'a suggéré Langevin qu'elles dépendent du frottement contre le liquide solvant, et par conséquent du volume des ions: ainsi les ions les plus rapides seraient aussi les plus petits et l'échelle de leurs vitesses correspondrait à l'échelle des leurs tailles en ordre renversé. C'est à ce titre que les vitesses des ions sont intéressantes pour le biologiste.

Les ions H et OH sont de beaucoup les plus rapides et par suite les plus petits: tandis que les vitesses des autres ions se

tiennent aux environs de 50, celle de OH atteint 167 et celle de H, 325.

Des conséquences importantes résultent de ce fait: 1° L'eau est le liquide dont les molécules sont de beaucoup les plus petites, ce qui explique qu'elle passe toujours à travers les membranes (à la condition qu'elle les mouille), plus facilement que les substances qu'elle tient en solution; 2° Cela expliquera diverses particularités de l'électrisation de contact dont nous allons parler dans un instant.

Conception objective des ions.

Comment concevoir la présence d'ions libres dans la solution?

Une première objections vient à l'esprit: si dans une solution de NaCl, il y a des Na libres, pourquoi ne décomposent-ils pas l'eau; s'il y a des Cl libres, pourquoi ne se revèlent-ils pas par leur odeur? On répond que, ce qui décompose l'eau, ce n'est pas l'atome Na, mais la molécule Na^2, ce qui sent la chlore, ce n'est pas l'atome Cl, mai la molécule Cl^2. Les ions eux-mêmes diffèrent des atomes par leurs charges: l'ion Na est l'atome Na moins un électron négatif, ces sorte qu'il garde une charge positive et c'est pour cela qu'on le désigne par Na^+. De même pour le chlore, l'atome est Cl, l'ion Cl^-. Deux ions Na^+ ou Cl^- se repoussant par leurs charges de même signe, ne peuvent s'unir en une molécule Na^2 ou Cl^2. Ils le peuvent s'ils se déchargent au contact d'une source électrique de signe contraire, comme dans l'électrolyse; aussitôt ils repassent à l'état d'atomes, qui se combinent en molécules et leurs propriétés chimiques apparaissent. Nernst dit même expressément que les charges saturent les affinités chimiques. Tout cela cependant garde un caractère hypothétique, aussi, nombre de bons esprits, tout en reconnaissant les immenses services rendus par la théorie des ions et la façon remarquable dont elle cadre avec de nombreux faits, doutent qu'elle corresponde à la réalité.

La conception d'un certain nombre de molécules dissociées en présence d'autres molécules restées entières est aussi peu satisfaisante, parce qu'on conçoit mal cette différence d'état entre des molécules identiques. On échappe à cette difficulté en admettant que ce ne sont par certaines molécules qui sont ionisées, mais que toutes se rompent de temps à autre et se reconstituent un instant après, un ion Cl^-, par exemple, libre en ce moment, ayant été l'instant d'avant combiné avec un ion Na^+, tandis qu'il sera combiné l'instant d'après avec un autre ion Na^+. Il y aurait une sorte de danse incessante des ions se lâchant et se prenant en molécules, en sorte que, vu le très grand nombre des particules, le rapport de ceux qui sont libres à ceux qui sont associés reste

invariable, puisqu'il dépend non du facteur temps mais des conditions physiques de la solution, et constitue le δ de la solution.

Applications à la chimie et à la physiologie.

Cela nous entraînerait trop loin de notre sujet de traiter en détail cette vaste question. Aussi ne ferons nous qu'indiquer quelques faits pour montrer la haute importance de la théorie des ions.

Acides. — Dans une solution d'un acide AH (A étant l'anion), il y a des molécules AH, des ions A^- et des ions H^+. Ce sont ces derniers qui donnent l'acidité *actuelle* de la solution; les H combinés en molécules AH donnent l'acidité *potentielle*. Si, en effet, on enlève des ions H en les saturant par les ions OH d'une base, l'équilibre se trouvant détruit, de nouveaux essaims d'H deviennent libres et passent de l'état potentiel à l'état actuel, jusqu'à ce que tous les AH aient été dissociés. La notion d'acide fort et d'acide faible devient objective. Au point de vue de l'acidité totale, une molécule d'acide acétique vaut une molécule d'acide azotique, puisque l'une et l'autre sont également saturées par une molécule de base. Mais l'acide azotique a une acidité actuelle plus forte que l'acide acétique parce qu'il est plus fortement dissocié et fournit plus d'H libres à un moment donné (Cf. p. 74, note). Il résulte de là qu'un acide pur, sans eau et par conséquent non ionisé, n'a aucune acidité actuelle, même à l'état liquide: on constate en effet que SO^4H^2 pur ne rougit même pas le papier de tournesol. Il en est de même si l'acide est dissous dans un solvant non ionisant comme la glycérine.

Bases. — Les mêmes faits se retrouvent avec les bases.

Poisons, médicaments, antiseptiques. — Ici aussi l'activité est proportionnelle au nombres d'ions libres. Ainsi s'explique que les actions caustique, toxique, thérapeutique et antiseptique de Hg, par exemple, soient fortement atténuées dans l'excipient glycérine, que le chlorure d'Hg, très dissocié, soit plus actif que le bromure moins dissocié, et celui-ci plus actif que le cyanure qui l'est moins encore (sauf à tenir compte sans ce dernier cas de la toxicité surajoutée des ions Cy). L'addition de NaCl à $HgCl^2$ diminue son activité en abaissent la dissociation etc. etc. La conductivité électrique étant proportionelle à la teneur en ions libres, mesure l'activité de la substance.

Théories de la Parthénogénèse.

Après cette longue digression, revenons à la parthénogénèse. Nombreuses sont les tentatives d'explication. Les voici brièvement résumées dans l'ordre chronologique.

D'après Loeb, en 1899, le spermatozoide déterminerait la fécondation en introduisant dans l'œuf certains ions qui n'y existaient pas ou qui s'y trouvaient à une concentration insuffisante; les solutions hypertoniques riches en K ou Mg, au moyen desquelles il déterminait alors la parthénogénèse, agiraient de le même manière. Mais il n'a jamais été démontré que les ions de la solution pénètrent dans l'œuf. D'autre part, Yves et Marcel Delage ont montré, par des dosages, que Mg, qui ajouté à l'eau de mer détermine la parthénogénèse, est moins abondant dans le spermatozoïde que dans l'œuf vierge. C'est ici le lieu de rappeler qu'on n'est nullement fondé à croire que les solutions déterminent le résultat par le même moyen que le spermatozoïde. Dans le même ordre d'idées, Loeb a invoqué aussi la dilution, dans ses solutions, de certains ions peut être inhibiteurs (Na, Ca). Mais plus tard il a pu constater que, dans la plupart des cas, on peut choisir Na pour rendre la solution hypertonique.

L'année suivante, Bataillon émit l'idée, depuis reprise par Loeb, que l'œuf est on équilibre osmotique avec l'eau de mer, et qu'en rendant celle-ci hypertonique par l'addition de certains sels, on provoque une deshydratation de l'œuf, qui serait le facteur essentiel de la parthénogénèse. Yves Delage a fait remarquer (en 1900, Congrès de Berlin) que le spermatozoïde produit une deshydratation de l'œuf qu'il féconde. On voit en effet le pronucleus mâle, très petit et formé de nucléines condensées, se gonfler, dans son voyage à travers le cytoplasme, à la rencontre du pronucleus femelle, jusqu'à devenir aussi gros que celui-ci. Ce gonflement ne peut être dû qu'à une absorption d'eau et cette eau ne peut être empruntée qu'au cytoplasme. Loeb, abandonnant sa théorie precédente explique la parthénogénèse par une deshydratation et une action spécifique des ions. Cette action spécifique n'est pas définie et la question de savoir si elle implique ou non une pénétration dans l'œuf des ions actifs de la solution est laissée de côté.

En 1901, Loeb renonce à l'idée d'action spécifique pour rapporter au phénomène osmotique la totalité du résultat: il a cru constater, en effet, que toutes les solutions de même pression osmotique (à la condition de ne pas contenir de substances nocives) sont équivalentes. Il renonce de même à invoquer la suppression de l'action d'ions inhibiteurs, en con-

statant que l'eau de mer concentrée est active, et l'action des charges électriques des ions en constatant que les solutions sucrées hypertoniques sont suffisantes. Toutes ces conclusions sont d'ailleurs trop absolues: il est inexact que la nature et les proportions des sels constituant la solution hypertonique soient indifférentes; d'autre part, on n'a jamais fait développer un œuf dans une solution sucrée dépourvue d'électrolytes [1]. Contre cette intervention exclusive du facteur hypertonie se dressent les expériences de Yves Delage (confirmées par Garbovski) qui obtient jusqu'à 100 % de parthénogénèses expérimentales, chez les Astéries, au moyen d'eau de mer chargée de CO^2 diluée et rendue hypotonique par l'addition de 15 % d'eau distillée. Loeb lui même a obtenu des blastules chez le Chætoptère avec de l'eau de mer rendue hypotonique et additionnée de KCl. L'action spécifique des ions est indéniable. Reste à définir ce terme de spécificité qui, tel quel, n'explique rien.

En 1902, Loeb émet l'idée ingénieuse que les ions actifs des solutions agissent comme catalyseurs, en accélérant la segmentation (qui commence tardivement dans l'eau de mer naturelle) et en lui permettant de se produire avant que l'œuf se désintègre et meure.

En 1903, Matthews, assure que les agents chimiques parthénogénisants sont ceux qui liquéfient le protoplasma. Le centrosome pourrait être une parcelle d'un enzyme liquéfiant produite, ainsi que cela a été observé chez les Levures, par un commencement d'asphyxie. Cette hypothèse demanderait à être appuyée sur des faits plus nombreux et plus précis.

Enfin Loeb, en 1906, rejetant toutes ses théories antérieurs, attribue aux solutions hypertoniques le rôle d'un agent oxydant. Il se fonde sur ce que, en l'absence d'oxygène, ces solutions sont inefficaces. Il y a longtemps que l'on sait que l'oxygène est nécessaire à la plupart des processus physiologiques; ses expériences le montrent une fois de plus, mais elles ne prouvent nullement que les solutions hypertoniques agissent uniquement comme agents d'oxydations. On pourra admettre sa nouvelle théorie quand il aura montré que l'oxygène détermine la parthénogénèse en dehors de l'intervention des solutions hypertoniques [2].

[1] J'y ai réussi depuis.

[2] Dans de récentes expériences j'ai montré que, au moins chez les Astéries, la présence de l'oxygène était non seulement inutile, mais gênante,

Les dernièrs expériences de Yves Delage ont mis hors de doute l'action spécifique des substances chimiques qui entrent dans la composition des solutions parthénogénisantes. En comparant le pourcentage des œufs qui se segmentent et de ceux qui restent indivis, tandis qu'il fait varier la composition de la solution, il a établi quelques faits dignes d'être pris en consideration.

Certaines substances, ajoutées en quantité insuffisante pour faire varier sensiblement la pression osmotique de la solution, augmentent dans des proportions notables le pourcentage des réussites: tels sont en particulier le sulfite de soude et le chlorure de Nickel. Les chlorures des autres métaux de la même série présentent des propriétés adjuvantes très différentes: l'action du Fer est nulle, celle des Manganèse faible, celle du Cobalt peu inférieure à celle du Nickel. On peut penser à une action catalysante, le sel métallique servant de véhicule à quelque substance qu'il emprunte d'un côté et cède de l'autre, tandis qu'il se rétrouve identique à lui-même après cette double opération.

D'autre part, les œufs, en apparence identiques, non seulement d'une même espèce, mais d'un même individu et aussi d'un même ovaire sont impressionnés diversement par un même réactif: soumis à des traitement identiques, les uns se développent, les autres non. Certaines expériences autorisent même à parler d'œufs sensibles au sulfite de soude, au Manganèse, au Cobalt ou au Nickel. Sous ces différences, qui compliquent singulierement les expériences et obscurcissent leur interprétation, se cachent sans doute des phénomènes simples qui n'ont pas encore été démêlés.

Parmi les explications entrevues, il en est une ou plutôt une catégorie, qui fait appel aux charges électriques des ions et aux propriétés des solutions colloïdales. Elle est à peine ébauchée, mais paraît très suggestive et c'est par quelques indications sur ce sujet que nous terminerons ce trop long exposé.

en sorte que les résultats sont notablement améliorés quand on le chasse complétement. Chez les Oursins je n'ai pas obtenu de résultats aussi probants, mais j'ai, par mon nouveau procédé au tannin et à l'ammoniaque en solution isotonique à l'eau de mer, obtenu des blastules nageantes après avoir extrait l'oxygène du réactif par la vide, aussi bien que possible et sans doute à peu près complétement.

Electrisation de contact.

Toute paroi en contact avec une solution électrolytique (que cette paroi soit celle qui renferme la solution ou celle d'un corps immergé) reçoit de la solution une charge électrique positive ou négative. Perrin a montré que la charge est positive quand la solution est acide, négative quand elle est alcaline, des traces très faibles d'acidité ou d'alcalinité suffisant d'ailleurs à produire le résultat. Cette charge produite par un liquide électriquement neutre semble au premier abord paradoxale. Aidé par une suggestion de Langevin, Perrin en a proposé l'explication suivante. Les ions H des liqueurs acides et OH des liquides alcalins ont, comme nous l'avons vu, des vitesses très supérieures à celles des ions auxquels ils sont associés pour former les acides ou les alcalis, et il semble que l'on soit en droit d'en conclure (voir p. 85) qu'ils sont plus petits. Dès lors, si l'on imagine une paroi en contact avec la solutions, les ions H^+ ou OH^- formeront à la paroi un revêtement immédiat (fig. 2) tandis que l'ion associé Cl^- ou Na^+

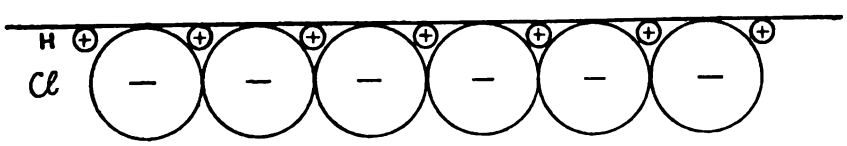

Fig. 2.

en sera tenu écarté par son diamètre même. La paroi prendra donc le signe des ions les plus voisins. La chose ainsi décrite et surtout ainsi figurée n'est qu'une schématisation très grossière, mais qui suffit à objectiver le phénomène réel plus complexe. La grandeur de la charge varie, naturellement, dans le même sens que la concentration. Il y a donc au contact de la paroi une *couche double*, appartenant au liquide, mais dont la partie externe confine immédiatement à la paroi, lui adhère et est immobilisée par elle, tandis que l'intérieure, de signe contraire, reste partie constituante du liquide et mobile comme lui. Si l'on fait passer un courant électrique dans le liquide, la lame interne de la couche double est entraînée, en raison de sa charge, vers l'électrode de signe contraire, tandisque la lame externe reste adhérente à la paroi. Si celle-ci

est fixe, le courant ne peut la déplacer, mais si elle appartient à une particule très petite, en suspension dans le liquide et par conséquent susceptible d'être mue par une force très faible, les ions qui la revêtent sont entraînés vers le pôle de nom contraire et charrient vers ce pôle la particule à laquelle ils adhèrent. Là est l'explication des phénomènes de cataphorèse et d'osmose électrique (réversible) qui permettent de mesurer ces charges mais dont ce n'est pas le lieu de s'occuper ici.

Dans les sels neutres, les ions constituants, ont des différences de vitesse et par suite de taille beaucoup moins grandes que la différence entre la vitesse d'un ion H ou OH et celle de l'ion associé; il est donc naturel que la charge de la paroi se montre très faible dans les solutions neutres. Il est à remarquer cependant que, même en choisissant des sels où cette différence soit aussi grande que possible (BrLi, où ce rapport $= {}^{1}{}_{2}$), Perrin n'ait pu observer aucune charge, et cela jette quelque doute sur la valeur de l'interprétation.

Si l'influence des ions monovalents autres que H et OH est insignifiante ou nulle, il n'en est pas de même de celle des ions polyvalents, et leur action croît très rapidement avec la valence: la grandeur de la charge compense l'inferiorité due au diamètre. Ainsi la charge communiquée par un même nombre d'ions H^+ est beaucoup moindre lorsque ces ions sont associés à des ions SO^{4--} dans l'acide sulfurique que lorsq'ils sont unis à des ions Cl^- dans l'acide chlorhydrique. Si à une solution acide (HCl) communiquant une certaine charge $^+$ on ajoute, même en quantité très minime, un sel contenant un ion polyvalent, si cet ion est positif ($Mg^{++}Cl^-Cl^-$), la charge n'est pas sensiblement modifiée; mais si cet ion est negatif ($SO^{4--}K^+K^+$), la charge est fortement diminuée et peut être annulée ou même changer de signe. Perrin admet que, dans ce cas, les ions SO^4 sont attirés près de la paroi par la couche d'ions H qui la revet et neutralisent tout ou partie de leur charge. Les ions polyvalents de même signe sont sans action parce qu'ils ne sont pas attirés au voisinage de la paroi. Perrin compare très heureusement cette attraction à un *mordançage*. Même chose pour les liqueurs alcalines, *mutatis mutandis*.

Solutions colloïdales.

Les substances de la première des catégories que nous avons étudiées, sucre, glycerine, urée, etc. se divisent dans l'eau en leurs molécules constituantes. Celles de la 2e catégorie, les électrolytes, HCl, KOH, NaBr, etc., font de même, et, en outre, tout ou partie de leurs molécules se subdivisent en leurs ions constitutifs. Il existe une troisième catégorie de substances qui, tantôt toujours, tantôt dans certaines conditions de préparation seulement, se divisent en particules qui, bien que fort petites, constituent des amas considérables de molécules. Ces particules sont appelées *granules,* l'état dans lequel est la substance divisée en granules est dit *colloïdal,* et le système formé par les granules et le liquide ambiant est appelé *sol* pour le distinguer des solutions vraies. Selon la nature du liquide, on distingue des *hydrosols,* des *glycérosols,* des *alcoosols,* etc. Nous ne nous occuperons que des premiers, qui sont de beaucoup les plus importants pour le biologiste.

Les granules sont trop petits pour être visibles au microscope ordinaire; mais on parvient à les voir au moyen de l'ultra-microscope, consistant dans la combinaison d'un fort grossissement avec un éclairage latéral. Les granules apparaissent alors comme une fine poussière brillante, animée du mouvement brownien. On ne peut les mesurer directement, mais on peut les compter, savoir, à peu près, combien il y en a dans un volume donné de solution; comme on sait d'autre part le volume total de la substance, d'après sa denisté et le poids qu'en contient la solution, on en déduit le volume des granules et par suite leur diamètre, en les supposant sphériques. On a trouvé par cette méthode que le diamétre des granules est de l'ordre du millième de micron, unité que l'on représente par le symbole $\mu\mu$: il varie de $1\mu\mu$ à 1μ. Les molécules sont d'un ordre de grandeur environ 100 fois moindre, en sorte qu'un granule contient, en moyenne, 100^3, soit un million de molécules. La distance moyenne entre les granules est de l'ordre du μ.

Les sols sont intermédiaires aux solutions et aux *suspensions,* se rapprochant de celles-ci ou de celles là par certains caractères, s'en écartant par d'autres. Comme les dernières ils sont formés de particules visibles au moyen de certains arti-

fices, diffusent la lumière, la polarisent; comme elles ils sont sans aucune action sur la tension de vapeur, le point d'ébullition et de congélation et sur la pression osmotique sauf pour les solutions concentrées sans grand intérêt par la biologie. Il diffèrent par là des solutions; mais, sous le rapport de la conductivité électrique ils s'en rapprochent et prennent place entre les solutions électrolytiques et les non électrolytiques: les granules possèdent en effet des charges électriques, mais très faibles relativement à leur masse et conduisent le courant, mais très peu. Laissant de côté leur action sur la lumière, nous examinerons ce qui est relatif à leurs charges électriques.

Si l'on établit une différence de potentiel entre deux électrodes plongeant dans un hydrosol, ou constate que les granules s'acheminent lentement vers l'un ou l'autre pôle.

Une question capitale est de savoir si c'est là un phénomène comparable au transport des ions ou si c'est un fait de cataphorèse. Dans le premier cas les granules auront des charges propres, comme les ions; dans le second, ce seront des particules inertes, pourvues par le liquide d'une couche double et chargées par la lame qui les entoure immédiatement.

On admet généralement que le transport des granules est un cas de cataphorèse. Mais, en présence du fait que, dans de l'eau distillée aussi pure que possible, les uns descendent le courant tandis que les autres le remontent, il est permis d'en douter. Si les granules n'ont pas de charges propres, ces différences ne pourraient s'expliquer que par de faibles quantités d'ions + ou — qui se trouveraient unies à eux à titre d'impuretés. La preuve qu'il en est ainsi reste à faire [1]. Si les déplacements des granules sous l'action du courant ne sont pas dus à de telles impuretés, il faut bien qu'ils aient des charges propres, car des particules sans charges propres et rigoureusement insolubles, chargées par le petit nombre d'ions libres fournis par la très faible dissociation de l'eau distillée, se porteraient toujours vers la catode, entraînés par la lame adhérente d'ions H de leur couche double [2].

[1] Tout au moins en ce que concerne les colloïdes du protoplasma, il se pourrait qu'ils dussent leur charge à des ions H ou OH présents dans le granule, non à titre d'impureté, mais appartenent à des substances faiblement acides ou alcalines, faisant partie de la constitution chimique du granule.

[2] Si des parcelles de verre se meuvent vers l'anode, si dans un tube de verre l'eau se rend vers la catode, c'est parce que le verre se dissout lentement en émettant des ions.

Le fait que les granules, suspendus dans un même véhicule, l'eau distillée, se portent les uns vers l'anode les autres vers la catode autorise à conclure qu'ils ont des charges propres comme les ions et sont les uns positifs, les autres négatifs. C'est là un point d'importance capitale pour le biologiste, car il permet de concevoir la présence dans un même liquide intergranulaire d'ions de différentes natures ayant des charges différentes.

Mais dans un sol contenant une seule sorte de granules, ceux-ci ont tous une charge de même signe, et c'est là une différence capitale avec les solutions électrolytiques où les ions sont toujours de deux sortes portant des charges égales et contraires.

Voici une liste des granules positifs et négatifs.

Positifs: Hydrates de fer, de cadmium, d'aluminium, de chrome, de cérium de thorium, de zircon; acide titanique; oxyhémoglobine; rouge de Magdala, violet et bleu de méthyle; mucine.

Négatifs: Or, argent, platine, iridium, palladium, cadmium, sélénium, tellure, soufre; acides silicique, stannique, molybdique, tungstique, vanadique; sulfures, chlorures, iodures et bromures colloïdaux; ferrocyanures de fer, de zinc, de cuivre; indigo, bleu d'aniline, vert de méthylamine, fuchsine, aureosine; gélatine, albumine.

Mais, proportionnellement à leur masse, leurs charges sont incomparablement plus faibles que celles des ions: le nombre d'électrons que porte un granule est faible en comparaison de celui de la couche double dont il peut être entouré, en sorte que celle-ci peut diminuer sa charge, la neutraliser ou la faire changer de signe.

Coagulation de colloïdes. — Dans certaines conditions les granules d'un sol se rassemblent, se fusionnent en masses volumineuses qui se précipitent: c'est la *coagulation.* L'état de suspension ou de coagulation dépend de trois facteurs: la *viscosité* du liquide, la *tension superficielle* au contact des granules et du liquide, et la *charge électrique des granules.*

Viscosité. — En raison de l'extrême division de la matière dans les granules, la surface de ceux-ci est énorme par rapport à leur volume: un vingtième de milligramme d'or colloïdal présente une surface de 625 mètres carrés; pour l'albumine, dont les granules sont beaucoup plus gros, les granules d'un

centimètre cube d'une solution à 1 % présentent, pour un poids d'à peine 2 centigrammes, une surface de 60 mètres carrés. La force qui tend à les précipiter, par suite de leur densité supérieure à celle du liquide périgranulaire, est donc si faible et la résistance due à la viscosité du liquide si énorme qu'ils restent indéfiniment en suspension. Ce n'est qu'après leur réunion en un coagulum de même poids et de surface beaucoup moindre qu'ils peuvent se précipiter.

Tension superficielle. — Pour saisir comment la tension superficielle peut intervenir dans la coagulation, il faut bien comprendre la nature de cette tension.

Dans une masse liquide au repos, à surface plane, toutes les molécules se pressent les unes contre les autres en vertu d'une force attractive qui est la *cohésion*. Cette cohésion, énergique à distance très faible, n'a, autour de chaque molécule, qu'une sphère d'action très petite, d'environ, $0^{\mu},1$ de diamètre. Au sein de la masse, chaque molécule est attirée également en tous sens par ses voisines, en sorte qu'elle n'a aucune tendance à se déplacer. Mais les molécules situées dans la couche superficielle, de $0^{\mu},1$ d'épaisseur, sont attirées en bas par les sous-jacentes, tandis qu'il n'y a au dessus d'elles que peu ou point de molécules pour les attirer en haut, en sorte que la résultante les attire vers la profondeur du liquide. D'ailleurs elles ne peuvent y pénétrer, toute la place étant occupé par des molécules identiques à elles, et cette résultante n'a d'autre effet que de comprimer le liquide sous-jacent. Cette compression, dite *pression normale* K a été évaluée, par des calculs ayant pour point de départ des hypothèses un peu incertaines, à un chiffre énorme: 10700 atm. pour l'eau. C'est pour chaque liquide une constante physique.

Dans cette même couche superficielle, les composantes horizontales de la cohésion produisent une compression tangentielle des molécules les unes contre les autres, et il faut exercer un certain effort pour les séparer, depenser un certain travail pour produire un certain accroissement de la surface, Cette résistance de la couche superficielle à la séparation de ses éléments constitue la *tension superficielle*, α. Comme K, α est une constante physique dépendant seulement de la nature de liquide. On a convenu de lui donner pour mesure la force nécessaire pour rompre la couche superficielle sur 1 millimétre de longueur. Cette force, très faible, a été mesurés expéri-

mentalement: elle est pour l'eau de milligr. 7,7, notablement plus forte pour le mercure (47 milligr.), sensiblement plus faible pour les autres liquides.

Si la surface liquide est terminée par une surface courbe, la pression normale change: si la surface est convexe (ménisque convexe, goutte), elle augmente; si elle est concave (ménisque concave) elle diminue. Sa valeur est déterminée par la formule

$$P = K + \frac{\alpha}{R' + R},$$

ou R et R' sont les rayon de plus grande et de plus faible courbure. Pour une surface plane ou $R = R' = \infty$, $P = K$, ce que nous savions par définition; pour une surface sphérique, $R = R'$ et $P = K + \frac{\alpha}{2R}$. Pour les surfaces concaves, R est compté négatif. On voit que P dépend de R, mais K et α en sont indépendants: ce sont des constantes dépendant seulement de la nature du liquide et de son état physique.

La force nécessaire pour vaincre la résistance de la couche superficielle, le travail nécessaire pour augmenter sa surface d'une quantité donnée, sont indépendants de sa courbure.

La couche superficielle a été comparée à une membrane de caoutchouc tendue qui, par sa tension, exerce la pression P sur le liquide sous-jacent. Cette comparaison n'est pas tout à fait juste, car dans le cas d'une surface plane, la membrane de caoutchouc n'exercerait aucune pression sur le liquide sous-jacent; d'autre part, sur une surface convexe, la membrane élastique tendue tend, quand on la fend sur une certaine longueur, à écarter les bords de la fente, tandis que la couche superficielle du liquide tend à refermer la fente.

Nous avons parlé jusqu'ici de liquides en rapport par leur surface avec l'air. Si deux liquides insolubles l'un dans l'autre sont en contact, la tension superficielle $\alpha_{1,2}$ de la surface de contact n'est pas égale à la différence $\alpha_1 - \alpha_2$ des tensions superficielles des deux liquides au contact de l'air: elle est moindre que cette différence. La relation est très individuelle et nullement simple: ainsi, bien que α soit plus fort au contact de l'air pour l'eau que pour l'alcool, la tension du mercure est plus faible au contact de l'alcool que au contact de l'eau.

Les granules dans les hydrosols se comportent sous certains rapports, et en particulier au point de vue qui nous

intéresse, comme les gouttes liquides, que nous venons d'étudier: comme elles, ils peuvent se fusionner en masses plus grosses; comme pour elles, il existe une tension superficielle au contact entre leur surface et le liquide intergranulaire.

La tension superficielle étant, en somme, une expression de la cohésion, il va de soi que, par son action, les granules doivent tendre à se fusionner toutes les fois que le mouvement brownien les amene au contact, et cela, d'autant plus énergiquement que la tension (ou cohésion) est plus forte. Sa tendance à reduire au minimum la surface libre est satisfaite par la coagulation, puisque le coagulum a une surface moindre que les granules qui l'ont formé. La tension superficielle est donc un facteur positif de la réunion des granules, c'est-à-dire de la coagulation. Même, si faible que soit sa valeur, elle devrait toujours produire cette coagulation, si elle n'en était empêchée par les facteurs négatifs de la coagulation, viscosité et surtout charges électriques, qu'elle ne peut vaincre que lorsqu'elle a une valeur suffisante.

Charges des granules. - Les granules d'une même substance ayant tous, dans le même liquide intergranulaire, des charges de même signe, se repoussent. Les charges sont donc un facteur négatif de coagulation ou un facteur positif de *stabilisation.*

En outre ces charges stabilisent le colloïde en diminuant la tension superficielle. On sait en effet, par la célèbre expérience de Lippmann, que la tension au contact de deux substances et maxima quand leur différence de potentiel est minima, et inversement. La chose est facile à objectiver. La tension superficielle d'un granule ayant une grandeur donnée, si sa surface vient à donner asile à un certain nombre d'électrons de même signe, ceux-ci se repousseront tangentiellement et diminueront d'autant l'attraction tangentielle qui constitue la tension superficielle. La chose reste vraie, qu'il s'agisse des charges appartenant en propre au granule, ou des charges d'une couche double, les deux lames de cette dernière contribuant ensemble au résultat.

Influence des électrolytes. — Si le liquide intergranulaire au lieu d'être de l'eau pure est additionné d'électrolytes ceux-ci vont d'abord modifier la tension superficielle de contact entre les granules et le liquide. Augmentant la tension du liquide α_2 ils vont diminuer la tension de contact $\alpha_{1,2}$ et par là sta-

biliser la solution. Mais, en outre, ils vont fournir des ions qui, par leurs charges, vont influencer les granules. Quelle sera la nature de cette influence.

Les ions de même signe, quelle que soit leur nature ou leur valence n'en auront aucune: ils sont d'ailleurs tenus éloignés des granules par le signe de leur charge.

Les ions de signe opposé sont au contraire attirés vers les granules et diminuent plus ou moins leurs charges: ils sont donc agents positifs de coagulation. Mais leur influence varie beaucoup suivant leur nature et leur valence.

Les ions monovalents autres que H ou OH ont l'action minima; les ions H et OH ont une action très puissante; les ions divalents sont beaucoup plus actifs que les monovalents ordinaires, plus actifs même que H et OH; les ions trivalents sont beaucoup plus actifs encore que les divalent. Pour coaguler un même hydrosol, s'il faut une quantité A d'ions monovalents, il faut 30 fois moins d'ions divalents et 1000 fois moins d'ions trivalents; les ions H et OH se placent pour l'activité entre les monovalents ordinaires et les divalents, mais beaucoup plus près de ceux-ci que de ceux-là [1].

Après les indication données sur la vitesse des ions, leur taille et sur les phénomènes de la couche double, tout cela se comprend aisément.

A un hydrosol, on ajoute un électrolyte à ions monovalent, Na Cl par exemple. Les différences de vitessse et par suite de taille entre les ions monovalents autres que H et OH sont trop faibles pour intervenir, en sorte que ceux qui s'approchent le plus du granule sont ceux de signe contraire en raison de l'attraction électrostatique. Dans l'exemple cité, ce seront les Na^+ si le colloïde est négatif, les Cl^- s'il est positif. Dans les deux cas le résultat sera le même: la charge des granules sera diminuée; si les ions sont assez nombreux, elle sera assez abaissée pour que, sous l'influence de la tension superficielle, les granules se fusionnent et que la coagulation se produise. Il y a entre la tension superficielle, facteur de coagulation, et les charges des granules, facteur de stabili-

[1] Si on emploie un mélange d'électrolytes, les ions monovalents ajoutent leur actions; mais s'il y a un ion monovalent et un ion divalent, l'action du premier semble plutôt se retrancher de celle du dernier: en tout cas, elle la diminue.

sation, une lutte. Tant que ce dernier est plus fort, le système colloïde reste à l'état de sol; quand il est suffisamment diminué par les ions pour perdre sa supériorité, la coagulation se produit. L'idée que le résultat est bien dû aux ions de signe contraire est démontrée par le fait que ces ions, et non ceux de même signe, sont entraînés par le coagulum d'où on ne peut que très difficilement les extraire par lavage; et souvent, alors, le coagulum se redissout.

Quand l'électrolyte est un acide ou un alcali, l'action de l'ion H ou OH devient tellement prédominante sur celle de l'autre ion, en raison de sa petitesse, comme dans le phénomène de la couche double, que ce dernier n'a pas d'influence: aussi, un acide ne coagule-t-il pas un colloïde +, malgré la présence d'ions — dans la liqueur; de même un alcali ne précipite pas un colloïde négatif. Par contre les acides coagulent énergiquement les colloïdes négatifs et les alcalis les positifs, parce qu'en raison de leur petitesse, ils s'approchent plus près de la surface des granules, et les déchargent d'autant mieux.

On comprend san plus ample explication que les ions di- et trivalents soient plus actifs que les monovalents, mais on comprend moins bien que leur action ne soit pas seulement double ou triple de celle des ions monovalents, puis qu'ils ont seulement 2 ou 3 charges. Point n'est besoin non plus d'expliquer pourquoi, mélangés en proportions convenables, deux colloïdes de signe contraire se précipitent, mutuellement. Les deux colloïdes prennent part au précipité.

Si l'on ajoute une quantité insuffisante de l'un des deux, la précipitation est partielle et proportionnée; et le phénomène est reversible, en ce sens que l'addition d'un excès du colloïde qui est en proportion plus grande que celle correspondant à la précipitation totale, détermine souvent la redissolution partielle du coagulum, et que l'état final est le même que si l'on avait, d'emblée, mélangé les doses finales des deux colloïdes.

Placés dans des conditions semblables, les divers colloïdes ne précipitent pas avec la même facilité et l'on distingue, en outre des petites variations individuelles, deux grandes catégories: les *colloïdes instables* que coagulent des proportions très faibles, des traces, d'électrolytes et les *colloïdes stables* (stabilité toute relative) qui réclament des proportions beau-

coup plus fortes (10 ou 15 % et plus). Ces derniers sont tous des colloïdes fournis par des être vivants (gommes, peptones, albumines); ce sont donc ceux qui interressent le plus le biologiste. Ils présentent la particularité d'être formés de granules relativement très gros et probablement très riches en eau: il en est ainsi, en effet, de leur coagulum, qui se dés-sèche et se réimbibe facilement, et il est permis de penser que cette propriété appartient à leurs granules mêmes, d'où le nom de *colloïdes hydrophiles* que Perrin propose pour le désigner.

Cette haute teneur en eau rend compte de leur stabilité, car, si la solution électrolytique précipitante les pénètre, elle diminue l'hétérogénéité du système formé par les granules et le solvant.

Le mélange d'un colloïde stable, même en quantité très faible, à un colloïde instable stabilise ce dernier, mais l'inverse n'est pas vrai.

Ces colloïdes stables forment, à beaucoup d'égards, une famille très distincte des autres colloïdes, par la grosseur de leurs granules, leur forte teneur en eau, leur stabilité, leur origine organique, le fait que leur coagulum est toujours redissoluble dans un excès de solvant; ils ont pour la biologiste un intérêt tout particulier car ce sont eux, très probablement, qui forment le protoplasma.

Applications aux cellules et à la parthénogénèse. — Il y a longtemps que Altmann a observé, au microscope ordinaire, avec de forts grossissements et des colorants appropriés, que le cytoplasme était formé de myriades de granules (c'est le nom même qu'il leur donnait) nageant dans un liquide intergranulaire. N'y a-t-il pas dans ce fait, joint à celui que l'albumine et nombre de produits du protoplasma vivant sont des substances colloïdes, une raison suffisante d'admettre que le protoplasme des cellules est un système colloïdal? Bien avant Altmann, H. Fol avait émis l'idée que le protoplasme était formé de particules portant des charges électriques: la chose est à peu près démontrée aujourd'hui. En effet, plus récemment, (1903) Lillie a montré que les particules formées principalement de chromatine, c'est-à-dire riches en acide nucléique (spermatozoïdes, leucocytes à gros noyau) se portent vers l'anode et sont par conséquent négatives, tandisque le cytoplasme,

(cellules de Sertoli riches en cytoplasme, leucocytes à petit noyau) va vers la cathode et est par conséquent positif. Le phénomène ne peut guère être attribué à la présence d'électrolytes concomitants, car le véhicule était l'eau pure rendue isotonique par du sucre.

On est donc fondé à considérer le protoplasme comme formé de granules colloïdaux de natures diverses (et pourant par suite présenter des charges diverses comme grandeur et comme signe), nageant dans un liquide intergranulaire formé d'eau tenant en dissolution une petite quantité de substances albumineuses et d'électrolytes.

Ce n'est pas avec des données aussi vagues que l'on peut avoir la prétention d'expliquer toute la physiologie de la cellule par les propriétés des colloïdes, mais on entrevoit déja quelques aperçus très suggestifs.

Et d'abord, la structure physique de la cellule, c'est-à-dire la disposition réciproque et la forme des parties qu'elle contient se conçoit comme réglée par leurs tensions superficielles et par des attractions et des répulsions qu'elles subissent du fait de leurs charges, différentes comme grandeur et comme signe.

L'instabilité qui est le propre de la substance vivante suggère l'idée que les facteurs de stabilisation et de coagulation se font à peu près équilibre dans la cellule, en sorte que la moindre variation dans les conditions physico-chimiques des parties intégrantes on du milieu ambiant peut donner le pas aux uns sur les autres ou inversement.

Or les phénomènes de la division cellulaire se ramènent presque tous à des déplacements de particules (sur lesquels nous reviendrons dans un instant) et à des dissolutions (résolutions en granules) et coagulations alternatives.

A la dissolution on peut attribuer: la disparition de la membrane nucléaire, la rupture des anastomoses du réseau de linine qui permet la constitution du spirème, peut être le dédoublement du spirème et la division transversale en chromosomes si ces parties étaient unies par une substance plus stable, la disparition du fuseau, et enfin l'égrènement des chromosomes en microsomes au moment du retour à l'état de repos. A la coagulation on peut rapporter: l'augmentations de volume des microsomes qui précède leur réunion en spirème, la formation du spirème, l'apparition du ou des

de leur charge: ils se portent tous ensemble vers le même pole, vers l'anode si les négatifs sont en excès, vers la catode dans le cas contraire. Un tel mélange peut donc être électriquement neutre et devenir positif ou négatif à la suite de faibles variations dans la proportions des colloïdes constituants. Il y a là une nouvelle condition d'instabilité. On conçoit aisément qu'une cellule au repos puisse avoir un noyau positif par sa chromatine et un cytoplasme neutre, en sorte qu'elle est unipolaire. Une faible variation dans les constituants du cytoplasme peut rendre ce dernier électropositif et établir la bipolarité, condition de la division.

J'ai fait remarquer, il y a bien longtemps, que, à la base de toute division indirecte, se trouvent des phénomènes essentiels de division directe: c'est par division directe que le centrosome se scinde et que le spireme ou les chromosomes subissent la division longitudinale. Une interessante suggestion de Perrin jette une certaine lumière sur ces phénomènes obscurs. Imaginons une particule extrêmement petite qui grossit peu à peu dans un milieu nutritif. Tant qu'elle n'a pas atteint une taille suffisante, elle ne peut recevoir aucune charge, la charge minima de l'électron correspondant, en raison de la densité électrique moyenne, à une surface donnée. Après avoir reçu cette charge, la particule continue à grandir et il arrive un moment où elle reçoit 2 électrons: ceux-ci étant de même signe se repoussent et déterminent la scission de la particule en deux autres, qui recommencent à grandir jusqu'à ce que le phénomène se reproduise. Ainsi peut s'expliquer la multiplication des granules sous une taille minima tant que n'intervient aucun phénomène de coagulation partielle.

Ce raisonnement peut s'appliquer aux microsomes constitutifs des chromosomes ou du spirème et au centrosome. Ainsi s'expliquerait la division, à un moment donné, du centrosome en deux autres qui se repoussent, et la division longitudinale des chromosomes dont les deux moitiés s'écartent vers le poles sons la double influence de leur répulsion et de l'attraction des centrosomes, dont les charges sont de signe contraire à la leur.

La condition essentielle de la division cellulaire est donc une bipolarité reposant sur les charges de signe contraire du centrosome et de la masse chromatique.

L'œuf mûr, étant privé d'ovocentre, n'a qu'une polarité et c'est pour cela qu'il ne peut se diviser. La fécondation a pour effet de lui procurer: 1° une masse de chromatine paternelle (non nécessaire à son évolution mais utile pour communiquer au produit les avantages d'une double lignée ancestrale); 2° un centrosome qui est ou pourvu d'une charge de signe contraire on apte à recevoir une telle charge du cytoplasma ambiant. L'oeuf fécondé a donc cette double polarité qui lui permet d'effectuer la série de divisions successives qui constituent la segmentation.

Dès lors l'action des agents de la parthénogenèse expérimentale devient claire: elle consiste à communiquer à l'oeuf vierge cette seconde polarité qui lui manque. Les solutions électrolytiques qui constituent essentiellement ces agents doivent avoir pour effet, de donner une charge soit au cytoplasme, surtout s'il est dans cette condition neutre instable sur laquelle nous attirions l'attention il n'y a qu'un instant, soit plutôt à quelque élément du cytoplasme apte, de par sa constitution physico-chimique, à la recevoir, et à faire de lui le centrosome. Les nombreux asters qui apparaissent dans le cytoplasme ayant la première division sont un indice de cette action. Dès lors s'explique dans une certaine mesure ce fait contradictoire de l'universalité d'action des électrolytes et de l'action prépondérante de certains d'entre eux [1].

Il y a loin de ces vagues indications à une explication compléte et précise des phénomène. L'étude de ces questions n'est pas assez avancée pour qu'il soit prudent de tenter encore autre chose. Nous en savons juste assez pour comprendre que c'est là une conception fertile et qu'il y a lieu de travailler dans cette direction.

Station Zoologique de Roscoff (Finistère).

Y. DELAGE
Professeur à l'Université de Paris.

[1] Les recherches que j'ai entreprises après avoir écrit ces lignes, expressément pour vérifier les idées qu'elles expriment, leur apportent une remarquable confirmation En traitant les œufs vierges d'Oursins, même en solution isotonique à l'eau de mer, par un réactif coagulant, le tannin, puis par un stabilisant du protoplasme, l'ammoniaque, j'obtiens des résultats incomparablement plus complets et plus constants que par n'importe quel autre procédé.

LA MORTE.

SOMMARIO:

I. Esistenza della morte naturale nei varî organismi: 1. Protisti. 2. Piante. 3. Animali.
II. Qualche teoria sull' origine della morte.
III. La teoria della diminuzione progressiva del potere assimilatore, nella filogenesi e nell' ontogenesi.
IV. Riassunto della discussione.

Esaminare se la morte sia nei varî regni della natura inesorabile conseguenza della vita, come lo è nell' uomo e negli animali superiori — studiare, qualora ciò non sia, le cause per le quali i varî organismi siano da questo punto di vista differenti — discutere delle intime modificazioni che ci conducono alla fine naturale dell' esistenza — ecco gli intenti di questo breve scritto, nel quale spero di poter mettere in luce alcuni nuovi modi di intendere questi problemi e la loro soluzione.

I. Esistenza della morte naturale nei varî organismi.

1. Protisti. — Fu dal Weismann sostenuta l' idea della immortalità potenziale dei Protisti. Questi esseri, si tratti di Alghe unicellulari, o Batterî, o Protozoi, hanno un modo di riproduzione comune: quello della divisione di un individuo in due simili a lui stesso; e di più, altri complicati modi di propagazione, per spore ecc., i quali però spesso possono essere evitati. Lunga questione si è dibattuta, per decidere se un organismo che si divide in due muore o no durante questo passaggio; è una di quelle questioni che sorgono per l' inconscio desiderio di estendere a tutta la natura vivente

i concetti che lo studio dell' uomo e di qualche altro animale ci ha fornito. La morte è nell' uomo contraddistinta insieme da due caratteri: cessazione della vita con formazione di un cadavere, e cessazione di una individualità, di una personalità vivente; nè ci accorgiamo di tale duplice carattere finchè rimaniamo nel campo degli animali superiori; ma appunto nei Protisti si ha la sparizione di una personalità, senza la cessazione della vita, quando da un individuo si passa, per divisione, a due altri; onde, se è vero che la scissione non ci mette dinanzi ad un cadavere, è anche vero che l' individuo prima vivente non esiste più. I fenomeni non sono direttamente paragonabili tra Protisti ed animali superiori, ed è soltanto una questione di definizione, l' ammettere che la scissione di quelli sia collegata o no colla morte. Noi ci atterremo alla definizione della morte quale *cessazione della vita*, dicendo perciò che i Protisti non muoiono durante la scissione; ma non vogliamo dare importanza eccessiva alla discussione che è stata fatta a tale proposito.

Premesso questo schiarimento, passiamo ad esaminare delle questioni di fatto — non più di parole — che sono state sollevate dallo studio degli organismi sopra nominati.

E proseguiamo ancora con alcune considerazioni del Weismann. Quando un organismo si scinde in due uguali a lui stesso, la morte naturale con produzione di cadavere non può avere altro senso che quello di morte naturale della specie intera, i due nati andando soggetti allo stesso destino; soltanto la divisione cellulare ineguale, che da una cellula ne produce due fornite di proprietà differenti, permette di conciliare la possibilità di una morte individuale ineluttabile, colla conservazione della specie, avendosi una morte ineluttabile, naturale, che colpisce alcuni dei discendenti della cellula prima considerata, non gli altri. Ciò è avvenuto nello sviluppo degli esseri pluricellulari, dove la linea delle cellule germinali, ha conservato la potenziale immortalità dei Protisti, mentre la linea delle cellule somatiche ha acquistato il carattere della mortalità, nei singoli individui che vengono prodotti. È bello questo concetto della vita attraverso ai singoli individui mortali i quali sarebbero come rami destinati a cadere di un grande tronco che cresce sempre, e col quale si rappresenta simbolicamente la linea delle cellule germinali, nei successivi individui.

La questione dei Protisti non è però esaurita, con questi concetti del Weismann. Un altro elemento è apparso importante nella biologia di questi esseri, e tale da complicare molto la questione. Il Maupas (*Arch. de Zool. expérim.* 1888-89) ha sostenuto la necessità della coniugazione negli Infusorî, e la morte degli individui ai quali le condizioni sperimentali permettano solo di propagarsi per scissione. Sono state descritte come fenomeni di invecchiamento le alterazioni precedenti a questa fine, ritrovate anche da parecchi autori, p. e. dal Calkins. Questi però le vinceva, anzichè colla coniugazione, mediante l'azione di speciali stimoli chimici o fisici. Si deve considerare questa fine delle culture degli Infusorî come una morte naturale? Il Metchnikoff (nel suo libro *Disarmonie della natura umana*, traduz. ital., Pallestrini, Milano) non è in ogni caso di questo parere, perchè considera la suddetta fine come prodotta da quelle nocive condizioni, le quali impediscono la coniugazione nello stesso modo che muore un individuo privato del cibo. Ma a questo si può ancora rispondere che la coniugazione è accompagnata, come ogni forma di fecondazione, dalla distruzione parziale dei nuclei che si uniscono prima che l'unione si compia; onde si potrebbe riscontrare qui un fenomeno di morte naturale.

Il problema ha però una soluzione più radicale, in quanto la coniugazione non è necessaria per la vita della specie. Io credo di aver portato le prove che la specie si propaga altrettanto bene colla sola scissione, quanto se la coniugazione intervenga, ed all'infuori di qualsiasi azione stimolante. *Noi non possiamo certamente affermare l'inestinguibilità di una specie, in un periodo di tempo indefinito, ma quello che ci preme a questo riguardo è di stabilire che — coniugazione o no — il valore delle prove di una simile inestinguibilità, è esattamente lo stesso. E questo è ormai stabilito.* Anzi, in un caso speciale, nelle Vorticelle, il peduncolo contrattile, che non si divide quando da un individuo se ne producono due, ma resta ad uno dei discendenti (l'altro lo riforma), si può conservare tanto a lungo quanto si mantengono buone le condizioni della cultura d'esperimento. Per dare un'idea di ciò che può significare il mantenersi di questo peduncolo intatto per più di 50 generazioni, si può fare un paragone un poco grossolano, e dire che questa persistenza potrebbe corrispondere alla sopravvivenza di un braccio o di una gamba umana, la quale

fosse adoperata dagli individui delle successive generazioni, per circa 1500 anni (prendendo l'età di 30 anni come età media della generazione dei figli). Evidentemente questo paragone non è del tutto giustificato, nè, anche a parte questo, si può indurre con certezza, dall'esame di questo fatto di soppravvivenza per un periodo determinato, che il peduncolo della Vorticella possa vivere in eterno, senza bisogno di essere mai rigenerato. Ma se non si può avere la certezza di una simile immortalità, nè si potrà avere mai, perchè le osservazioni nostre saranno sempre limitate ad un periodo finito di tempo, pure questo è certo: *che la necessità della morte di quest' organo non è dimostrata; non abbiamo dati per supporla.*

Se questo vale per gli Infusorî, si aggiunge che in molti Protisti l'esistenza di un atto fecondativo di qualsiasi genere, non è nemmeno sospettato, almeno fino ad oggi: così nei Batterî; di più, quel modo speciale di riproduzione che va sotto i nomi di sporulazione e simili, e che pure spesso è collegato colla distruzione di una parte dell'organismo cellulare, o del' suo nucleo, anch'esso sembra talmente soggetto alle condizioni esterne in cui la vita si svolge, da non costituire spesso una necessità per la specie e per la sua esistenza.

Più a titolo di curiosità che altro, ricordo una ingegnosa ma fantastica idea del Lendl (1890), il quale afferma che i Protozoi non sono tutti immortali (nemmeno virtualmente), ma dei due individui che nascono per scissione, uno soltanto può esserlo. Egli crede che ogni cellula durante la propria vita si carichi di sostanze, in parte nocive, e che non possono essere tutte eliminate, tranne che per mezzo della divisione cellulare che le fa andare in una delle cellule figlie, restando l'altra purificata; queste sostanze impedirebbero la continuazione indefinita della vita; anzi l'autore considera il processo di divisione dei Protisti come una modificazione del processo di escrezione per il quale le sostanze da escernere sono mandate via insieme con un pezzo di cellula. Ho citato questa teoria che si opporrebbe molto ai concetti fin qua esposti; ma veramente mi sembra che non vi sia nei fatti nessun punto d'appoggio per queste idee, colle quali si immaginano cose che nessuno ha mai constatato, e che urtano contro tutto ciò che si sa della divisione dei Protisti, la quale sembra essere in due parti praticamente uguali.

Di fronte dunque alla immensa mortalità di fatto dei Protisti, la cui prolificità è assolutamente inconciliabile colla quantità di alimento disponibile, possiamo concludere per la assoluta mancanza di prove di una morte naturale. Non è provato nè provabile che esista una potenziale immortalità — questo include la necessità di un ragionamento trascendentale che estende all' infinito nel tempo, i resultati della nostra esperienza — ma del contrario manca ogni prova, manca ogni più piccolo indizio.

2. **Piante.** — Le piante, che io ricordo subito dopo i Protisti, perchè nei fenomeni che riguardano la morte se ne allontanano meno di quello che se ne allontanino gli animali, manifestano naturalmente proprietà differenti, secondo la complessità della loro organizzazione. La questione se vi sia o no in esse la morte, come fenomeno inevitabile, si può qualche volta risollevare. È noto, anche a chi non si occupa in particolar modo di biologia, come le piante si propaghino quasi tutte in due modi: o per mezzo di germi sessuati, oppure per via vegetativa. La produzione di germi o la riproduzione per mezzo di essi, lascia il corpo che li ha prodotti nelle stesse condizioni — a un di presso — di come si trovava prima; almeno questo è uno dei casi che si verificano. E noi vediamo soltanto che questo corpo lentamente invecchia, e muore dopo un certo tempo. Vi sono però casi, ben conosciuti e ben sicuri, di alberi che vivono da tempo quasi immemorabile, da secoli e secoli, e che sembrano per ciò distaccarsi dalle leggi che regolano i loro compagni. Ma non è così: è che la morte insorge nella maggior parte dei corpi che potrebbero avere lunga vita, per causa delle condizioni esterne sfavorevoli; e siccome la probabilità di incontrare qualche causa di morte accidentale, estrinseca, non viene mai ad essere eliminata, ne segue che o prima o poi dovrà bene questa capitare a ciascuno. Il Parville (*La nature,* Paris, 1901) ad esempio descrive un albero di *Ficus religiosa* piantato a Ceylan nel 288 avanti G. C. Il Metchnikoff riporta altri casi consimili.

Indipendentemente da questi fatti, nella riproduzione vegetativa non è necessario che muoia tutto il corpo dell' individuo; vi sono moltissime piante i cui rami, tagliati e portati nel terreno, mettono radici e dàn luogo ciascuno ad una

pianta nuova; così p. e. i generi *Tradescantia, Salix* ecc.; basterebbe in questi casi, una volta sviluppata la pianta, prender via tutti i rami e piantarli, perchè rimanesse condannato alla morte soltanto il tronco; nè vi è alcuna ragione per cui questo procedimento non si possa continuare all'infinito, nessuna ragione conosciuta nelle proprietà della pianta medesima. Sarebbe interessante di fare delle ricerche da questo punto di vista, per vedere se nelle piante giovani di questi od altri generi, sia possibile dividere tutto il corpo in pezzi, senza che nessuno vada perduto, ed in tal maniera che ciascuno riproduca una nuova pianta; chè se si riuscisse a ripetere indefinitamente questo procedimento, come non vi è nessun impedimento teorico da supporre, si arriverebbe allora a condurre la pianta alle stesse condizioni in cui si trovano i Protisti che si dividono e per divisione si propagano indefinitamente. Altre piante, come la Begonia, possono propagarsi per mezzo delle foglie piantate in terra. Però in questi casi, come in quelli delle fragole, patate e simili, che producono stoloni, non si salva la vita alla parte principale del corpo, la quale seguita ad invecchiare.

Sul fatto fondamentale che differenzia le piante anche elevate dagli animali elevati, cioè sulla possibilità praticamente dimostrata, di una vita di parecchie migliaia di anni, dobbiamo fare una considerazione. È vero che questo non prova la immortalità della pianta in questione — ciò che non è provabile — ma è pur vero che ciò mette in evidenza, anche nel caso peggiore, un carattere di irregolarità nella durata della vita, la cui sì lunga estensione nel tempo si avvicina molto più alla immortalità, di quello che non vi si avvicini la vita umana o di qualche altro animale. La irregolarità nella durata della vita, come è il caso per le piante di cui abbiamo citato un esempio (*Ficus religiosa*), è un indizio di dipendenza dalle condizioni esterne, tale da far supporre possibile una durata anche molto maggiore di quella effettivamente conosciuta.

Concludiamo perciò, a proposito delle piante, che *la morte naturale pur essendo la regola per molte di esse, non è dimostrata per tutti i casi, e per lo meno si deve ammettere una gran tendenza ad avvicinarsi al caso limite della vita senza fine.*

3. Animali. — Per procedere ordinatamente, dobbiamo ora prendere in considerazione quei processi di riproduzione

per scissione, naturale od artificiale che sia, i quali si verificano negli animali pluricellulari in condizioni molto somiglianti a quelle di cui abbiamo parlato a proposito dei Protisti. Vi sono, p. e., alcuni Vermi (Platelminti), alcuni Celenterati, ed altri animali, nei quali, pur non mancando la generazione per mezzo di germi, vi è una forma asessuata di riproduzione, per divisione del corpo in due parti, di cui ciascuna si trasforma in un individuo completo, rigenerando ciò che manca. In questi casi si ha come nei Protisti la sparizione di una individualità, senza morte di sostanza vivente. Se pochi sono quegli animali che spontaneamente vanno soggetti a fenomeni di tal natura, almeno in questa forma così netta, sono invece molto più numerosi quelli che hanno la capacità di rigenerare le parti accidentalmente perdute, a tal punto sviluppata, che un individuo diviso in più pezzi dà luogo alla formazione di parecchi individui completi. È noto generalmente questa proprietà nel lombrico comune, ma gli zoologi la hanno riscontrata in un numero grandissimo di forme. Quanto più un animale è complesso, tanto meno possiede la facoltà rigenerativa, sì che fenomeni di questo genere non si possono verificare nei Vertebrati. Vi è stato anche chi si è domandato se una tal forma di divisione artificialmente prodotta possa proseguirsi per un numero indeterminato di volte, e possano gli individui nuovi che continuamente si formano per rigenerazione, vivere senza invecchiare; paragonando insomma questi fenomeni alla divisione naturale dei Protisti, se esista anche qui quella supposta senescenza del Maupas. Gli esperimenti che ha condotto Monticelli sopra ad alcuni Echinodermi hanno dato resultati affermativi. Egli non è cioè riuscito a propagare la specie indefinitamente con questo mezzo. Però tali fenomeni di divisione artificiale e rigenerazione dei pezzi ad individui completi offrono una certa difficoltà a prodursi, e spesso mancano anche se è la prima volta che si tentano, su un individuo nato da germi. Cosicchè la impossibilità di mantenere con questo metodo una serie indistrutta e sempre giovane di individui, può dipendere, anzichè da proprietà inerenti allo organismo vivente, da condizioni sfavorevoli esterne le quali è praticamente impossibile sfuggire sempre negli esperimenti, per quanto condotti con cura. In certi casi, come nell'*Hydra viridis* che si riproduce per gemme o sessualmente, l'influenza della stagione su questi processi sembra indicare che si debba

alle condizioni esterne la mancanza di formazione dei germi, alla quale mancanza potrebbe andar connessa una potenziale immortalità.

Negli animali superiori, in quelli che non si riproducono mai per scissione ma solo per via sessuale, esiste un corpo che sembra sia in tutti destinato a morire, per quanto la vita di un serpente o di un pappagallo possa esser lunghissima. Weismann ha introdotto il concetto della continuità del plasma germinativo, il quale attraverso ai varî individui che si succedono nelle generazioni verrebbe ad avere una specie di immortalità potenziale, simile a quella dei Protisti.

È vero che moltissimi germi vanno perduti, anzi i germi sono tanti, che impossibile sarebbe si potessero sviluppare tutti; tanto più che essi non sono in ugual numero nei due sessi. Così in tutti i mammiferi, mentre sono assai scarsi in numero i germi femminili, le uova, i germi maschili o spermatozoi, che devono unirsi in numero di uno solo per ciascun uovo, si contano a milioni e milioni. Da questo deriva che la natura condanna a morte anche buona parte del plasma germinale, non solo per la mancanza di condizioni esterne che possano permettere lo svolgimento di tutti i germi (come nei Protisti non tutti gli individui che nascono per scissione trovano modo di sopravvivere); ma bensì ancora per una causa interna, propria della specie stessa, per la disuguaglianza numerica dei germi dei due sessi. Tutto questo però non toglie che si debba riconoscere nel plasma germinativo una potenzialità di sopravvivenza indefinita, la quale non è posseduta in nessun modo dal resto del corpo. Esiste questa potenzialità, nel senso che la sostanza germinale non muore quando per lei si verifichino certe condizioni, mentre per il plasma somatico non vi sono condizioni di sorta, le quali possano assicurargli la eterna sopravvivenza. Come nei Protisti, la immortalità del plasma germinativo, è una continuità di sostanza vivente, non però una immortalità di individui.

Negli animali dunque (esclusi i Protozoi) *si riscontra sempre la morte naturale degli individui;* soltanto in alcuni dei più bassi nella scala zoologica potrebbe essere altrimenti — ma la cosa è ancora incerta.

II. Qualche teoria sull'origine della morte.

Sulle cause della morte, sulla sua origine filogenetica, si è molto discusso, e non vogliamo certamente riferire tutto ciò che è stato detto in proposito, ma solo alcune delle idee più sintetiche e più notevoli.

Weismann ha sostenuto che la selezione naturale abbia avuto parte importante nel conservare e fissare questa attitudine alla mortalità somatica, in quanto sarebbe dannoso alla specie, che sopravvivessero indefinitamente i singoli individui. Questa sopravvivenza non impedirebbe ad essi di subíre influenze nocive e di indebolirsi, dando luogo così a discendenza meno atta a resistere nelle lotte per l'esistenza; altre interpretazioni di questo genere sono state date, per esempio quella del Düsing, il quale, dato il fatto che il potere riproduttore si affievolisce coll'età, crede vantaggioso per la specie che individui inetti alla riproduzione non prendano parte degli alimenti per sè — come se questo affievolimento non fosse appunto una delle tante espressioni di vecchiaia, uno dei fenomeni che si manifestano coll'avvicinarsi della morte! Sì che questa teoria del Düsing evidentemente non è altro che un circolo vizioso. Più importante mi sembra l'idea espressa dal Delage (*Hérédité*), la quale, pur non conducendo in fondo nella spiegazione della morte, ciò che, come egli dice, non è possibile, cerca di esaminare le condizioni in cui essa si è creata, piuttosto che quelle che sono state capaci di conservarla. Per lui è il differenziamento delle varie cellule che ha reso inevitabile la morte del soma; col differenziamento si perdono gradualmente le attitudini alla riproduzione (cellulare) e ad un certo punto è reso impossibile anche un ulteriore accrescimento: questo avviene per esempio nelle ossa per i limiti imposti dalla sostanza calcarea di sostegno, che si è interposta, sostanza inerte, tra e nelle cellule viventi; ed in generale alcune cellule sono frenate nell'accrescimento da ragioni di questo genere, le altre dal fatto che le prime non possono accrescersi, sì che è resa impossibile la crescita loro, che produrrebbe una disarmonìa funzionale, da cui la morte. Ora, nessuna cellula può vivere indefinitamente, senza accrescersi nè dividersi. Ed a questo punto la spiegazione del Delage si arresta, con questa constatazione di fatto. Ben può

darsi il nome di spiegazione a queste idee che collegano fatti tra loro differenti. Soltanto a me non pare giusto ciò che l'autore dice riguardo alla limitazione dell'accrescimento. Questa è dovuta in ogni cellula a proprietà insite in essa, di natura generale, indipendenti da ogni limitazione materiale di spazio, o da rapporti di posizione e di funzione con altri elementi.

Secondo Spencer, le cellule somatiche non sono più mortali delle cellule germinali, ma muoiono perchè non sono più in condizioni tali da poter continuare a nutrirsi — riconoscendo così egli implicitamente che la morte debba essere conseguenza inevitabile del mancato accrescimento; dal concetto dell'accrescimento infatti egli parte, colla sua idea ormai tanto conosciuta, che l'accrescimento della cellula (dell'organismo in genere) sia limitato, per così dire, da una ragione geometrica: se la cellula raddoppia le sue dimensioni lineari, la sua superficie esterna diventa quattro volte più grande, ed il volume otto volte; ora, siccome è per mezzo della superficie esterna che essa è in contatto coll'ambiente da cui si nutre, dovrebbe la sua attività nutritiva divenire doppia per mantenere in vita il corpo cellulare divenuto, rispetto alla superficie di assorbimento, doppio di quello che era prima. Analogamente un animale complesso fornito di canale digerente, si nutre assorbendo attraverso alla superficie interna del canale digerente, ossia sempre attraverso ad una superficie, che cresce in ragione del quadrato delle dimensioni lineari, mentre il volume cresce in ragione del cubo.

Questa idea è stata più volte combattuta, per esempio dal Delage, il quale dice che, se questa fosse la ragione, dovrebbe un animale poter aumentare almeno un poco rispetto al suo limite normale di accrescimento, quando si nutra con alimentazione intensiva,. o gli si iniettino sostanze nutrienti nel sangue. Ma a me sembra che tale critica non sia giusta, prima di tutto perchè in realtà gli animali nutriti meglio crescono un poco di più della media, e poi in ogni caso, perchè prende a considerare l'animale in cui ormai il limite d'accrescimento si è ereditariamente fissato, e si è talmente legato alla sua costituzione, come il Delage stesso riconosce, che una variazione notevole non potrebbe più avvenire in questo senso. Invece l'idea di Spencer va applicata su più larga scala, alla specie durante tutto il periodo della sua formazione e della

sua fissazione tale quale è adesso. Allora essa acquista un senso molto importante, giacchè evidentemente non prescinde dalle varie cause che possono agire sull'organismo, per determinare l'accrescimento; non ne prescinde affatto, visto che nel suo stesso enunciato prende appunto in considerazione e attività nutritive. Spencer trova in questa ragione geometrica la causa della divisione cellulare, la quale produce un aumento della superficie rispetto al volume, e quindi permette la continuazione dell'accrescimento della sostanza vivente.

Altri autori, specialmente più antichi, hanno manisfestato l'idea che la morte sia la conseguenza di una quantità di azioni nocive con cui le condizioni esterne influiscono sopra all'organismo vivente. Ne seguirebbe una specie di inevitabilità della morte, dovuta in parte alle condizioni esterne, in parte a quelle interne, in quanto l'organismo non si sa abbastanza difendere da tali inconvenienti.

III. La teoria della diminuzione progressiva del potere assimilatore, nella filogenesi e nell'ontogenesi.

Tutto ciò che abbiamo riferito non ci spiega le differenze che riscontrammo tra i varî organismi; nemmeno l'idea del Delage ci dice perchè la necessità della morte sia tanto più palese negli animali, anche poco differenziati, che nelle piante le più altamente organizzate.

Possiamo prendere a considerare le cose da un nuovo punto di vista, riferendoci alle *attitudini assimilatrici dei varî esseri viventi.* Queste attitudini, due criterî servono a giudicarle: uno *qualitativo,* l'altro *quantitativo.* I corpi dai quali per assimilazione un organismo può formare la sostanza propria, non sono gli stessi, anche se confrontiamo animali con animali e piante con piante; e sono poi diversissimi se confrontiamo piante con animali, essendo le prime essenzialmente caratterizzate da un potere sintetico, che negli animali è immensamente più basso: la funzione clorofilliana stabilisce tale differenza, ma non solo essa; chè per esempio i funghi, sprovvisti di clorofilla, hanno la possibilità di crescere in ambienti salini contenenti il carbonio in forma di idrati di carbonio; gli animali, per quanto fino ad ora si sa, hanno bisogno di sostanze

proteiche tra i loro alimenti. Da tutte queste differenze sorge il *criterio qualitativo* cui abbiamo accennato.

D' altra parte, è diversa l' intensità della assimilazione, la quale può venir misurata dal tempo che un organismo impiega a raddoppiare il proprio peso (comprendendo in questa valutazione l' individuo di partenza ed i discendenti), od in modi consimili. Di qui sorge il *criterio quantitativo,* per il quale vengono messi in prima linea i Protisti; nonostante le differenze specifiche, essi si distaccano come gruppo da tutti gli altri organismi. Sembra che tra essi i più prolifici siano i Batterî, che hanno anche qualitativamente un alto potere assimilatore.

La necessità della morte esiste dunque negli esseri meno dotati di potere assimilatore.

Stabilito questo accordo — per il momento come constatazione di fatto — ne vediamo un altro, inerente ai *poteri rigeneratori,* che sono pure più sviluppati nei Protisti e nelle piante, in confronto cogli animali minimi negli animali superiori. Ma su questo punto basti di aver richiamata l'attenzione.

Infine un' altra coincidenza osserviamo, tenendo conto del vario *differenziamento morfologico* in rapporto cogli altri caratteri succitati. Bisogna però essere alquanto guardinghi, prima di stabilire delle relazioni di causalità. Dagli accordi che abbiamo constatato, non segue che il differenziamento sia la causa della necessità della morte, ma piuttosto dobbiamo riconoscere che ambedue questi fatti derivano dal processo evolutivo, quando la lotta per l' esistenza, od altro fattore della filogenesi, ha modificato la organizzazione dei Protisti, complicandoli, facendoli passare alla condizione di pluricellulari. E così non potremmo dire che il differenziamento abbia causato la diminuzione di potere assimilatore, nè viceversa, ma anche questo ultimo fenomeno lo riteniamo causato, insieme con gli altri, dallo stesso agente evolutore.

Meglio forse si può capire la cosa con alcuni esempî.

Quando una cultura di Flagellati forniti di clorofilla (quale si può ottenere da un' acqua presa in un fosso), si lascia a sè negli ambienti dei laboratorî, capita facilmente di vedere come questi esseri, intensamente assimilatori, cedano presto il posto ad altri, Flagellati pur essi, o Amebe, o Infusorî, privi tutti di clorofilla, e di cui i primi sono vittime. Questa successione di

forme, di cui probabilmente i germi già tutti esistevano nella cultura dell' esperimento al suo inizio, ci rispecchia però una lotta per l' esistenza, che su più vasta scala deve essersi svolta durante la produzione delle forme stesse. L' interruzione di quelle date condizioni di ambiente che permettevano la vita rigogliosa dei Flagellati clorofillici, deve aver spinto i fratelli a mangiare i fratelli, a nutrirsi in modo più animalesco e meno sintetizzatore, utilizzando il materiale sintetizzato già. Ma ciò è potuto avvenire soltanto mediante il contemporaneo differenziamento morfologico, per il quale organelli si sono sviluppati, atti alla vita di predatori. Ecco che qua vediamo andare d' accordo due modificazioni, tra quelle che abbiamo indicato sopra, e in tal modo che sarebbe arbitrario attribuire a questi esseri prima la perdita del potere assimilatore — clorofilla — poi l' acquisto come conseguenza, degli organelli da preda; e sarebbe arbitrario ugualmente il dire l' opposto; tutto insieme è un fenomeno di adattamento ad un ambiente mutato, adattamento sui cui moventi intimi (forze interne, esterne, di tutti e due i generi?) non occorre che facciamo ipotesi, per la questione che ci occupa. In questo caso si trattava di diminuzione della capacità assimilatrice qualitativa. — Quando invece si consideri il passaggio dagli organismi unicellulari ai pluricellulari, questi devono subito aver perduto nel potere assimilatore quantitativo, per il semplice fatto che il loro volume è cresciuto più che non la loro superficie, e attraverso a questa si fanno gli scambî per la nutrizione; esiste, in realtà, una differenza in questo senso tra uni- e pluricellulari. Qui dunque il differenziamento, che va unito all' acquisto della pluricellularità, va d' accordo colla diminuzione della capacità assimilatrice, in senso quantitativo, e prescindendo dal criterio qualitativo, come è dimostrato dal verificarsi dello stesso fenomeno sia nella direzione del regno animale, che in quella del regno vegetale.

Nelle piante, il differenziamento ha preso una via assai diversa che non negli animali, senza dubbio in relazione colla maggiore capacità assimilatrice qualitativa; una via che è diversa, e che è anche molto più corta; vogliamo dire che senza dubbio le piante si posson considerare come meno complesse, meno organizzate che gli animali, meno varie nei varî gruppi: sempre si troverà, se si considerino attentamente le cose, che la grande differenziazione degli animali è in rap-

porto coi più varî bisogni della prensione e della utilizzazione dell' alimento, — e ciò indipendentemente da ogni teoria evolutiva — in rapporto cioè colla loro minore capacità assimilatrice rispetto alle piante; e non è escluso in ciò il differenziamento del sistema nervoso.

Ed ora possiamo fare un passo innanzi, nelle nostre considerazioni. Da ciò che abbiamo detto si vede, in conclusione, che *la necessità della morte tanto più si mostra manifesta, quanto maggiore è il differenziamento morfologico, e minore il potere assimilatore.* Vogliamo cercare di renderci conto in qualche modo di questo accordo, delle sue ragioni più intime.

La morte, come cessazione della vita, è cessazione di ogni facoltà assimilativa; è dunque strano che essa si mostri necessaria là dove l' assimilazione è minore? Ciò non sembra, a colpo d' occhio, ma certamente si deve esaminare la questione più da vicino.

Siamo partiti dal considerare la diminuzione di potere assimilatore durante la filogenesi. *La fine della vita individuale significa fine del potere assimilatore; è lecito sospettare, guidati dalla legge biogenetica, che l' ontogenesi, come la filogenesi, sia accompagnata da una diminuzione progressiva di questo potere. L' invecchiamento* ci apparirebbe allora come conseguenza di un *mutamento continuo* dell' individuo *in uno stesso senso, cominciato fino dalla nascita;* l' invecchiamento non comincerebbe all' epoca della virilità, ma colla nascita; la progressiva diminuzione del potere assimilatore produrrebbe ad un certo momento la rottura di tutto l' equilibrio dinamico esistente nella macchina organica, produrrebbe la morte.

Se questi concetti ultimi vengano giustificati da un esame obbiettivo dei fatti, ecco che la singolare coincidenza per la quale la morte ci appare tanto più necessaria, ineluttabile, quanto meno gli organismi sono assimilatori, non ci può meravigliare: questa coincidenza viene compresa nella stessa ragione che produce la morte in ciascun individuo.

Passiamo all' esame dei fatti.

Si può giudicare del potere assimilatore dall' aumento di peso durante i varî stadî della vita. Il Minot (1890) riporta dei dati relativi all' aumento di peso nella Cavia, dai quali resulta che la percentuale di aumento è di 5-6 nella prima settimana, si abbassa già nella seconda settimana della vita,

e diminuisce poi sempre più, dapprima rapidamente, poi più lentamente; una cosa analoga avviene per l' uomo e per tutti gli animali e piante in genere.

Un fatto più minuto ed altrettanto espressivo in questo senso, è quello della diminuzione progressiva della grandezza del nucleo, rispetto a quella del citoplasma, col procedere dell' età. Questo fatto è generalmente diffuso, nei varî tessuti del corpo, ed incomincia colle prime fasi della vita individuale. Ora, molti argomenti di indole svariata dimostrano che il nucleo è dotato di proprietà anaboliche, sintetizzatrici, assai più che non il citoplasma.

Già la pura osservazione delle strutture ci dice molto, quando andiamo a farla in particolari circostanze, negli spermatozoi, i quali, quasi affatto privi di citoplasma, hanno invece un alto potere formativo. È vero che questo si potrebbe attribuire al citoplasma dell' uovo con cui lo spermatozoo si unisce. Ma esperimenti di merotomia sui Protozoi hanno mostrato chiaramente che la mancanza del nucleo non impedisce i fenomeni di movimento, di consumo in genere, ma bensì quelli di sintesi, di rigenerazione, di assimilazione insomma. D' altra parte in una pianta del genere *Tradescantia* si è visto che la mancanza del nucleo in una cellula impedisce la formazione di una nuova membrana; basta però che una cellula senza nucleo sia connessa con una contigua che lo contiene, perchè la rigenerazione avvenga. Anche per vie del tutto diverse giungiamo allo stesso resultato, in quanto la chimica fisiologica ci insegna che sostanze proteiche più complesse si trovano nel nucleo che nel citoplasma e che, d' altra parte, appunto questi corpi più complessi, per lo studio che se ne è fatto in grande, sembrano collegati coi processi sintetici dell' organismo.

Il numero delle cellule in un individuo varia enormemente dal momento in cui esso è formato di una sola cellula, a quello in cui ne contiene milioni e milioni; si potrebbe dire che esso non varia in modo progressivo in un senso, perchè nella vecchiaia il numero delle cellule — come il peso totale del corpo — è minore che nella virilità. Ma il numero delle cellule non è una proprietà dell' intima trama cellulare, bensì la conseguenza di due proprietà antagoniste, una creativa, l' altra distruttiva. Ora l' esperienza insegna che la rapidità del succedersi di divisioni, in media tra le varie cellule del corpo,

va progressivamente diminuendo a partire dalle prime fasi della vita, fino al momento critico della morte. Anche il consumo va forse diminuendo cogli anni, ma meno rapidamente, almeno da un certo punto in là, sì che ne resulta, come somma, dapprima un aumento del numero delle cellule, progressivo, poi una progressiva diminuzione.

Finchè il corpo è costituito di poche cellule, esse non sono intramezzate di sostanza cementante interstiziale. Questa è invece abbondantissima nel corpo già formato, adulto, e vecchio. Questo sviluppo è progressivo, e nel vecchio si ha una eccedenza, spesso ragguardevolissima, del tessuto connettivo sopra agli altri tessuti, ossia di quel tessuto che contiene abbondante sostanza interstiziale; tale sviluppo comincia non dopo che la virilità tende a diminuire, bensì appena i tessuti accennano a differenziarsi nell' embrione.

Analogamente, il deposito di sali calcarei nelle ossa, il quale rappresenta dapprima un vantaggio, e che aumenta sempre progressivamente coll' età, costituisce poi uno dei fenomeni dell' invecchiamento, in quanto le ossa son divenute più fragili e meno elastiche.

Un altro importante fatto togliamo dalle ricerche del Mühlmann (*Arch. mikr. Anat.* vol. 58). Questo autore, già da tempo studioso delle strutture degli elementi nervosi e delle modificazioni cui vanno soggette secondo le condizioni, ha dimostrato che vi è un fenomeno lento, continuo di alterazione in questi elementi, a partire dai primi anni della vita, e giungendo fino alla morte. Già nel bambino di 3 o 4 anni nelle cellule nervose si trovano granulazioni pigmentate, dapprima disseminate in piccolo numero nel corpo cellulare; e nella seconda decade della vita, esse occupano una posizione determinata nel citoplasma. Coll' avanzare dell' età, il pigmento invade un numero di cellule sempre maggiore, e le riempie maggiormente; tanto che nel vecchio gli elementi sono per la massima parte occupati da esso, avendo soltanto un bordo esterno citoplasmatico, completamente libero da granulazioni di questo genere. Questo pigmento, già veduto da Pilcz nel 1895, è stato riconosciuto per una sostanza che ha caratteri dei corpi grassi. Mühlmann, contrariamente a ciò che prima si credeva, ha dimostrato che l' invasione del grasso accade nei diversi organi nervosi contemporaneamente; ed anche questo fatto è interessante, perchè mostra come siamo in presenza di un

fenomeno dovuto a condizioni generali dell' organismo. Di più egli osserva che mentre il grasso, sostanza inerte, riempie sempre più il citoplasma, a partire dall' età adulta le cellule nervose non aumentano più in grandezza; anche in numero aumentano o poco o punto; c' è dunque nell' insieme una sparizione di citoplasma attivo, una vera degenerazione pigmentaria grassa. L' A. porta buoni argomenti per sostenere e dimostrare che si tratta veramente di un fenomeno normale, non legato a speciali malattie, togliendo così alcuni dubbî ed alcune idee che potevano aversi in seguito ad incomplete osservazioni antiche del Leyden; quest' ultimo avendo osservato talvolta le granulazioni pigmentate, le aveva credute in rapporto causale colla atrofia muscolare progressiva.

Per quanto siamo un poco all' oscuro sul significato funzionale di questo pigmento, ci colpisce il fatto che il suo aumento progressivo incominci nei primi anni della vita — e forse anche prima —, giacchè ben sappiamo che una abbondanza molto notevole di questo pigmento porterebbe ad un mancante funzionamento delle cellule nervose, costituirebbe una vera degenerazione pigmentaria. Non per questo dobbiamo indurci a considerarlo come un elemento disturbatore della vita cellulare, elemento dannoso che andrebbe crescendo coll' età! Un concetto così pessimista sarebbe una cattiva deduzione dei fatti clinicamente osservati delle degenerazioni cellulari in genere. Forse anche, se la somiglianza di aspetto con quel pigmento che si trova in alcuni Invertebrati (Sipunculus ad esempio) può avere un valore, si potrebbe ritenere che esso abbia una importante funzione nel metabolismo, come in quelli ha certamente una efficacia nella respirazione. L' aumento potrebbe essere in tal caso spiegato col tentativo, da parte dell' organismo, di difendersi contro altre condizioni progressivamente varianti. La discussione sull'ufficio di questo pigmento pur essendo in parte fuori dal nostro tema, abbiamo voluto mostrare come sia ingannevole l' aspetto clinico delle degenerazioni, collegate con mali evidenti dell' organismo, rispetto alla loro interpretazione. Ingannevole, in quanto acquistano l' apparenza di un male che sopraggiunge ad un tratto, ex novo, nell' organismo, pur essendo nient' altro che l' aumento di funzioni e sostanze, magari utilissime, che si svolgono e si trovano nel corpo normale.

Nella membrana elastica posteriore dell' occhio (epitelio

di Descemet), nei gatti di varia età, Ballowitz ha constatato una variazione progressiva della forma del nucleo, il quale, dapprima tondo, viene roso da una grossa sfera; questa talora, secondo l' A., dopo aver roso una parte del nucleo, si porta dall'altra, per ripetere il suo giuoco. Ora, tale fenomeno lungi dal cominciare nella vecchiaia; esso al contrario ha principio nei giovani gatti e porta col tempo cattive conseguenze per la sorte dei nuclei.

Dobbiamo ora ricordare un fatto di indole generale, messo in luce dalla sintesi geniale del Metchnikoff, vale a dire l'aumento coll' andar dell' età dei tessuti indifferenziati a scapito di quelli differenziati. Questo fenomeno ha spesso la sua espressione nell' opera dei fagociti, che secondo le ricerche dello stesso autore sono la causa dell' incanutimento dei peli, mangiando e portando via il pigmento, ed anche della distruzione delle cellule nervose negli uomini e nei pappagalli vecchi — probabilmente anche negli altri animali che non sono stati studiati. Questa possibilità di essere fagocitati — da parte dei tessuti in questione — evidentemente dipende da poprietà mutate di loro stessi, più che dei fagociti, — come è dimostrato da varî fatti. In primo luogo abbiamo visto, a proposito delle cellule nervose stesse, che esse sono la sede di modificazioni progressive, atte ad essere interpretate, quando molto avanzate, come fenomeni degenerativi; in secondo luogo, nella ninfosi degli insetti, dove pure interviene la fagocitosi, vediamo che i fagociti aggrediscono tessuti i quali in parte si distruggono anche di per sè, senza il loro intervento, o che si possono distruggere da sè in altre specie; in terzo luogo, non è vero che la tendenza alla fagocitosi aumenti coll' andar dell' età; ciò è dimostrato dalla lotta contro i Batterî delle malattie infettive, lotta che è molto più viva, efficace e rapida nella giovane età che nella vecchiaia; ed è ben noto come in gran parte essa si debba all' azione dei fagociti. Cosicchè da un insieme di fatti resulta che la variazione caratteristica della vecchiaia, di cui ora trattiamo, non dipende da una condizione nuova che insorga dopo la virilità, ma da quelle stesse variazioni lente, intime, cellulari, che cominciano insieme con la vita dell' individuo.

Un' altra degenerazione senile di cui certamente si è esagerata l' importanza in maniera grandissima, e ciò per il fatto che essa è clinicamente riconoscibile, è quella che conduce

alla sclerosi dei vasi sanguigni. Non poche volte si è detto che l'arteriosclerosi e la vecchiaia sono una cosa sola, e che la vecchiaia è per la massima parte dovuta all'arteriosclerosi, condizione che diminuisce l'afflusso del sangue ai varî territorî del corpo. Poco conosciamo intorno alle cause che producono queste modificazioni dei vasi: sappiamo bene però che tali modificazioni consistono, in definitiva, in un indurimento e restringimento dei vasi stessi. Giustamente osserva Metchnikoff, colle parole di Klebs, che può diminuire molto il sangue che irrora un organo, senza che questo ne soffra; come non soffrono molto le piante su un terreno impoverito di alimenti, purchè abbiano una sufficiente energia vitale. Poco sappiamo anche se, dato che si potessero evitare tutte le azioni tossiche dovute ai Batterî specialmente e a molteplici altre cause insieme, come ai disturbi di nutrizione in generale, poco sappiamo se in tal caso i vasi conserverebbero le loro proprietà normali anche nella più tarda età; certo le malattie e le influenze che in generale nocciono all'organismo, più o meno nocciono alla salute dei vasi, e certo ancora, più o meno, si ritrovano nel fatto sempre modificati i vasi dei vecchi. Ma perchè si deve attribuire una maggiore importanza causale a questo fenomeno delle arterie, che non a tanti altri più intimi e quindi verosimilmente più importanti, lasciandoci soltanto impressionare dalla circostanza che le arterie sclerotiche si possono vedere e palpare colle mani nell'uomo vivente? Evidentemente esse costituiscono un sintomo sovra tutti importante, solo dal punto di vista clinico, per il loro carattere di esteriorità.

Anche questi ultimi fatti, prescindendo forse da quello della arteriosclerosi, perchè il suo significato è molto oscuro fino ad oggi, vanno evidentemente messi in rapporto colla diminuzione progressiva delle capacità sintetiche, assimilatrici; il nucleo roso dalla sfera ci ricorda il diminuire progressivo della grandezza nucleare in genere durante il corso della vita, fatto che si palesa in questo caso speciale sotto forma più intensa. Lo sviluppo delle sostanze inerti, sali calcarei nelle ossa, oppure di tessuti connettivi al posto di quelli più spiccatamente funzionanti, l'accumulo di pigmento o di altre sostanze nell'interno delle cellule, la cui funzionalità viene così ad essere diminuita, tutti sono fenomeni che certamente son connessi con diminuzione di assimilazione; e lo dimostra il fatto che in tutti questi casi l'accrescimento del numero delle

cellule è divenuto nullo o minimo, non appena il fenomeno di cui si tratta abbia raggiunto un certo grado di intensità.

Abbiamo dunque riconosciuto che le conseguenze del nostro modo di vedere sono, per quanto si sa, giustificate dai fatti. *Fino dalla nascita cominciano quei fenomeni che, quando si trovano aumentati nei vecchi, si chiamano fenomeni di vecchiaia.* La vita dell' uomo e degli animali non è quella parabola che il volgo crede, se non per certi effetti complessivi, che sono somma di fatti e di variazioni numerose. I fenomeni intimi della vita cellulare variano con movimento progressivo in un senso, ma con leggi differenti, sì che possono produrre in alcuni fenomeni variazioni resultanti che nel loro decorso mutano di segno.

Questo carattere di indole generale dell' individuo differenziato, che tende ad invecchiare ed è destinato a morire, ci conduce ora a tornare a quel punto, in cui dicevamo che la necessità della morte negli organismi più evoluti va d' accordo sia col maggior differenziamento, sia colla diminuzione del potere assimilatore. Abbiamo visto che i singoli fatti di invecchiamento, i quali cominciano fin dal principio della vita, corrispondono sempre a questo concetto della diminuzione di potere assimilatore, onde, mentre da un lato constatiamo nell' evoluzione ontogenetica e filogenetica la stessa diminuzione, dall' altro mettiamo in relazione la distribuzione della necessità della morte con questa diminuzione, nella filogenesi, e la comparsa della morte nell' individuo, con questo stesso fatto nell' ontogenesi.

Naturalmente la nostra discussione ha un senso anche prescindendo dalla teoria dell' evoluzione delle specie (nella quale per parte mia credo fermamente). È evidente che basta modificare di poco la dizione dei ragionamenti fatti per eliminare il bisogno di ricorrere alla teoria evolutiva. Laddove dicevamo « progressivo differenziamento morfologico » converrà dire: « stato di differente complessità organica nei diversi organismi viventi »; non per questo mutano in nulla le coincidenze constatate tra l' attività sintetizzatrice, « la complessità organica » e la necessità della morte. Soltanto, l' opera della natura ci appare più grandiosa quando, partendo dal concetto dell' evoluzione, ci immaginiamo di assistere al progressivo e contemporaneo svolgersi di questi fenomeni.

IV. Riassunto della discussione.

Concludendo, — *non è dimostrato che la morte sia conseguenza necessaria della vita.* I Protisti non mostrano di andar soggetti a tale necessità, e tra le piante stesse, anche di organizzazione elevata, ve ne sono di quelle per cui mancano di questa necessità le prove; in ogni modo la durata della vita è in esse così variabile e lunga, che si può riconoscere, molto più che negli animali, una tendenza al caso limite della durata eterna.

Abbiamo visto poi, che *questa distribuzione della necessità di morire va d' accordo con quella di altri caratteri, differenziamento morfologico, diminuzione delle capacità assimilatrici, notevoli l' uno e l' altra specialmente nella direzione del regno animale.*

Ci è sembrato soprattutto interessante a questo proposito, di poter riconoscere una *diminuzione progressiva di potere assimilatore, come nella filogenesi, così anche nell' ontogenesi, dalla nascita fino alla morte dell' individuo;* la morte ci appare dunque — essa che significa cessazione di ogni potere assimilatore — come la rottura brusca di un equilibrio in un sistema dinamico ove il potere assimilatore era in progressiva e continua diminuzione; *la sua distribuzione come cosa necessaria nei varî regni della natura e la sua comparsa nell' individuo, ci appaiono il resultato di una stessa ragione intima.*

L' *invecchiamento* assume così un aspetto diverso da quello che esso ha generalmente, nelle concezioni dei biologi e del volgo: non un cammino discendente che tien dietro alla ascesa della giovinezza; non un ritorno a certe forme ed attitudini, a partire dal momento della massima attività e forza, ma bensì *la conseguenza delle stesse modificazioni che hanno cominciato a svolgersi fin dall' inizio della vita individuale e che, progredendo sempre nello stesso senso, presentano per alcune resultanti un massimo nel periodo medio della vita;* queste modificazioni sono sopratutto connesse con un *progressivo diminuire delle attitudini assimilatrici.*

Bologna.

PAOLO ENRIQUES

LA DINAMICA

DELLA DIVISIONE CELLULARE MITOTICA.

Le varie fasi attraversate dalla nostra conoscenza intorno alla struttura e all'attività della cellula vivente corrispondono ai successivi progressi dei nostri mezzi di studio: il microscopio e le manipolazioni tecniche del materiale. Alla fine del secolo XVII il microscopio semplice aprì un nuovo mondo di minuti esseri viventi, quali si vedono con un ingrandimento di circa 30-50 diametri. Venne poi, è vero, utilizzato un ingrandimento maggiore, ma questo, sebbene rivelasse organismi ancora più minuti, non mostrava nessuno ulteriore dettaglio riconoscibile in quelli già veduti; non solo, ma rendeva possibili concezioni così false della struttura da far descrivere l'umile spermatozoo con forma e conformazione umane. Tuttavia esso permise una certa percezione della fine struttura degli organismi superiori; e, alla fine di questo primo periodo di circa 130 anni, dobbiamo il primo riconoscimento della cellula come l'unità di struttura, per lo meno nelle piante.

L'introduzione del microscopio composto negli ultimi tempi di questo primo periodo apportò qualche vantaggio, quale un campo visivo più esteso e un ingrandimento alquanto più forte; ma in realtà non permise d'utilizzare effettivamente degli ingrandimenti più forti e di riconoscere dettagli degni di fede fino a che le aberrazioni cromatiche non furono corrette da Amici e da Lister. Questo perfezionamento fu applicato durante la prima metà del secolo XIX da pochi costruttori di grande abilità, e diede modo ai ricercatori di riconoscere che il contenuto delle cellule è la vera unità vivente, — progresso decisivo nella nostra conoscenza dovuto a Dujardin e Von Mohl, Schleiden e Schwann. Ma mentre

le minute cellule viventi dei protisti, e le parti di organismi più complessi, ma delle stesse microscopiche dimensioni, potevano essere studiate bene, si trovò invece che, nel preparare i minuti frammenti degli organismi più elevati, quali si richiedono perchè sia possibile il loro esame al microscopio composto, avevano luogo dei cambiamenti, capricciosi e variabili, e che specialmente andava perduta la trasparenza delle sostanze viventi, e con essa quelle leggere differenze di rifrangenza per le quali arriviamo a distinguere una struttura nella cellula vivente isolata.

Fu solo nel terzo quarto del secolo scorso che, per via di tentativi, furono trovati dei mezzi di « fissare » in maniera definita e costante il tessuto da esaminare, e di renderlo trasparente mediante imbibizione di particolari sostanze, nel mentre che le differenze di rifrangenza sono state rimpiazzate da differenze dell' affinità elettiva delle varie parti del tessuto verso particolari colori. Verso la fine del terzo quarto del secolo l' introduzione generale degli obbiettivi ad immersione costituì un ulteriore progresso [1]. Verso quell'epoca Fol descrisse per la prima volta i fenomeni essenziali che hanno luogo nella cellula e nel nucleo durante la divisione cellulare ordinaria. Egli scriveva: « Ad ambo i lati di questo residuo del nucleo si mostrano degli accumuli di plasma, i cui granuli fittamente raccolti si dispongono secondo due figure a forma di stelle e di astri regolari. I raggi di questi astri sono costituiti perciò da file di granuli, disposti l' un dietro l' altro in direzione rettilinea. Parecchie di tali linee vanno da una stella o da uno dei centri di attrazione all' altro centro seguendo una linea ad arco. L' immagine complessiva è estremamente chiara e ricorda vivamente il modo di disporsi della limatura di ferro intorno ai due poli di un magnete..... Io mi attengo interamente alla teoria del Sachs secondo la quale la divisione ha luogo grazie all' esistenza di punti centrali di attrazione,

[1] Verso il 1880 fu introdotta l' immersione omogenea da Stephenson, Abbe e Zeiss, e poco tempo dopo i due ultimi resero più completa la correzione delle aberrazioni cromatiche dovute alla dispersione, mediante l' introduzione dei sistemi apocromatici.

Questi due passi hanno perfezionato il microscopio fino ai limiti della possibilità teorica; ma queste ultime aggiunte ai nostri mezzi di studio non hanno rivelato nulla che abbia importanza per il presente articolo; perchè lo studio dettagliato della formazione e della risoluzione dei cromosomi esorbita dal suo scopo.

e non per ragioni teoretiche, ma perchè ho *veduto* questi centri di attrazione ».

Nelle pagine seguenti ci proponiamo di ricercare, per quanto è possibile, le forze che entrano in giuoco durante la divisione cellulare mitotica ordinaria, o, come di solito vien detta, della divisione per cariocinesi, e di distinguere le loro rispettive azioni negli stadii successivi del processo. In tal guisa ci proveremo ad indicare l'estensione e il valore delle nostre conoscenze attuali, e le lacune che debbono ancora esser colmate.

Con le poche figure, concesseci in queste pagine, non è facile poter dare un'immagine chiara dei fenomeni della divisione cellulare mitotica neppure alle più colte tra le persone colte che non siano già al corrente della cosa. Però le grandi linee del processo sono date dalla maggior parte dei trattati elementari di Biologia o di Fisiologia, e si trovano anche in molte opere semipopolari. Per conseguenza assumiamo che il lettore possegga una conoscenza generale del soggetto.

Avanti le ricerche di Fol tutto quello che si sapeva dei cambiamenti presentati dal nucleo e dal citoplasma era che il nucleo diventava indistinto, che una peculiare struttura a forma di manubrio si stendeva lungo l'asse della cellula, che due nuovi nuclei apparivano rispettivamente ad ogni estremità di questa figura e che la cellula si divideva perpendicolarmente all'asse. Ma in una dozzina di anni la maggior parte dei fatti che noi siamo per esaminare sono stati assodati in tutti i loro tratti essenziali e combinati in uno schema praticamente completo.

Durante la vita della cellula ossia nel corso del suo funzionamento, fra la sua formazione e la sua divisione finale, il nucleo, nella sua condizione funzionale — frequentemente chiamata « di riposo » — ha la seguente struttura (Fig. 1, *A*): dentro la parete nucleare sta un sottile straterello di protoplasma (« nucleoplasma », « linina ») che si continua con un reticolo della medesima sostanza, che sembra trovarsi in movimento più o meno continuo. Questo plasma si colora poco intensamente, se pure non si colora affatto, coi colori basici, ed è perciò chiamato « acromatico », ma in esso stanno dei granuli intensamente colorabili, chiamati « sostanza cromatica » o « cromatina ». Oltre di queste sostanze troviamo nel nucleo una o più gocce sferiche di sostanza colorabile, libera nel

succo nucleare, o addossata ad un filo del reticolo di linina: questa è il « nucleolo », che sembra non essere altro che una riserva di cromatina, che sarà disciolta e ridepositata quando sarà necessario.

All' avvicinarsi della divisione — all' epoca cioè che possiamo considerare come quella della maturità o dell' età adulta

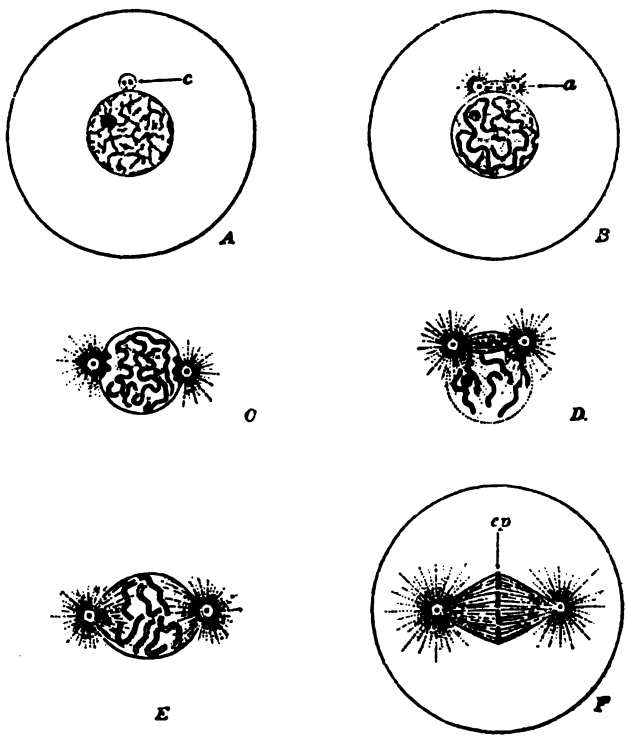

FIG. 1.
I primi stadii della divisione cellulare mitotica.
(Secondo Wilson, *The Cell etc.*, ed. 2, 1902, fig. 25).

della cellula e del nucleo — i granuli di cromatina crescono di grandezza, diventando approssimativamente uniformi e uniformemente distribuiti lungo i filamenti acromatici. Questi filamenti perdono ora le loro irregolari anastomosi e la loro tessitura reticolare, assumendo la forma di un filamento continuo rientrante in sè stesso, il quale ben presto si spezza in un certo numero di pezzi detti « cromosomi ». Il reticolo però può risolversi nei cromosomi senza passare per lo stadio a filamento unico continuo o stadio di gomitolo (Fig. 1, *B-D*). Le condi-

zioni fisiche che determinano queste trasformazioni ci sfuggono completamente, e noi possiamo soltanto paragonare la formazione dei cromosomi alla segmentazione trasversale di altre strutture viventi di forma allungata. I fenomeni susseguenti consistono nell' ingrandimento dei granuli di cromatina che compongono i cromosomi, e nella loro scissione in due: essi diventano ovali, si strozzano nel mezzo e si dividono in due granuli sferici. Il piano di divisione dei granuli è perpendicolare all' asse traverso del cromosomo. Questa scissione dei granuli ha luogo senza dubbio nelle medesime condizioni che determinano la divisione di cellule affatto sferiche, p. es., quelle di un micrococcus, o dei granuli di clorofilla, ecc. La sostanza acromatica dei cromosomi sembra concentrarsi attorno ai granuli, così che il filamento diventa moniliforme, a guisa di un rosario, salvo che ogni grano è rappresentato da una coppia di grani: per parlare esattamente troviamo due coroncine parallele unite da una stretta striscia intermedia di sostanza acromatica, in guisa che una sezione fatta attraverso un paio di grani collaterali ha la figura di un ∞. Noi possiamo attribuire con una certa attendibilità questa parziale scissione del cromosomo all' attrazione esercitata con uguale intensità da ogni granulo di cromatina sulla circostante acromatina; e la persistenza della striscia riuniente longitudinale alla vischiosità dell' acromatina che controbilancia esattamente l' apparente repulsione dei granuli. Questi ultimi hanno adesso terminato l' opera loro e apparentemente si dissolvono nel cromosomo, che diventa uniformemente colorabile, sebbene può ritenere un contorno irregolare dovuto alla precedente struttura a rosario. L' accrescimento e la finale risoluzione dei granuli di cromatina è un argomento per rigettare l' ipotesi ch' essi rappresentino qualcosa di simile alle entità viventi o « unità fisiologiche » di Hebert Spencer, o agli « idii » di Weismann, se dobbiamo dare qualche importanza a ciò che vediamo con i nostri occhi e con l' aiuto dei metodi migliori, il solo genere di prove di cui disponiamo.

Ciascun filamento è adesso parzialmente fesso per il lungo in due cromosomi figli, ed è probabile che le zone successive, da un' estremità all' altra di ciascuno dei cromosomi figli, siano identiche alle zone corrispondenti dell' altro; e che ciascuna zona abbia le sue proprie qualità che devono essere trasmesse all' uno o all' altro dei nuclei figli. Se questo è il caso, e se

è di primaria importanza nella divisione cellulare che ogni porzione di linina debba essere trasmessa in parti assolutamente equivalenti alle due cellule figlie, la funzione dei granuli di cromatina sarebbe posta in chiaro, poichè, per usare la terminologia degli scolastici, la loro « causa finale » è di effettuare questa bipartizione. In effetti è difficile immaginare quali altri mezzi potrebbero risolvere un così difficile problema fisico quale è la fenditura longitudinale di un filamento vischioso. Il completamento di questa divisione, e la ripartizione delle due metà sorelle di ogni cromosomo fra le due cellule figlie sono compiuti poi per mezzo dell' azione dinamica del campo cellulare.

Il « campo cellulare » nella sua forma più completa si trova in talune crittogame e nei metazoi (Fig. 1, *E*). La sua sezione piana è, come fu notato dal Fol, la stessa di quello di due poli magnetici opposti o di segno contrario, com' è materializzato dall' introduzione della limatura di ferro; ma noi dobbiamo tener presente che in un campo magnetico completo vi è molto di più di quanto la limatura non mostri, poichè, come si dimostra in ogni trattato sul magnetismo, il campo cellulare nello spazio può essere rappresentato dalla rotazione di questa sezione piana attorno al suo asse longitudinale. La nostra migliore comparazione è quella di due conduttori portanti delle cariche di elettricità statica eguali e di segno contrario, sospesi in un medium dielettrico dentro un involucro cavo conduttore di forma sferoidale. In un campo così fatto le linee di forza hanno la medesima distribuzione che hanno nelle figure mitotiche: alcune passano da un conduttore all' altro divergendo verso l' equatore in modo da formare un fuso, altre irradiano dai conduttori terminando nella superficie interna dell' involucro, costituendo due aster polari. I conduttori con le cariche rappresentano i centrosomi. Se il medio dielettrico, in così fatto campo, fosse uniforme, le linee di forza sarebbero invisibili; la loro distribuzione potendo esser resa manifesta solo introducendovi delle sostanze di diversa permeabilità elettrica (capacità specifica d' induzione), le quali al tempo stesso devono modificare la distribuzione delle linee di forza. Così il cammino di un raggio di luce è invisibile quand' esso attraversa un medio otticamente omogeneo; e le particelle della polvere dell' aria che rivelano il passaggio dei raggi solari nell' aria, disperdono ed alterano la traiettoria

di quei raggi. Alla stessa guisa, quando adoperiamo la polvere magnetica per dimostrare la posizione delle linee di forza magnetiche dobbiamo tener presente che per la sua presenza essa altera questa posizione.

In questi campi fisici usiamo sospendere delle particelle di polvere onde rendere il campo visibile; per il magnetismo, ferro o magnetite; per l'elettricità dei fili di seta, cristalli di solfato di chinina od anche particelle conduttrici (la cui permeabilità è praticamente infinita), sospese in un liquido di minore permeabilità quale la trementina, ecc. Le catene materiali formate da queste particelle hanno dei caratteri particolari dipendenti in gran parte dalla vischiosità del medium, beninteso fino a che le intensità del campo rimangono inalterate. Io le ho chiamate « catene di forza » per distinguerle dalle « linee di forza », che sono mere astrazioni geometriche. Evidentemente i filamenti che costituiscono il fuso e gli aster nel campo mitotico sono da considerare come catene di forza. Essi hanno il carattere di dielettrici flessibili isolati di elevata permeabilità, ossia di cattivi conduttori. Possiamo chiamarli induttori flessibili, un termine che si raccomanderà ad ogni elettricista. La forza che produce la figura mitotica del campo cellulare è stata da noi altrove denominata « forza mitocinetica », o in breve « mitocinetismo ».

Il campo cellulare è limitato dall'Hautschicht, o strato periferico, rappresentante l'involucro cavo conduttore, che agisce similmente ad uno schermo perfetto; poichè campi cellulari adiacenti non hanno alcuna influenza orientatrice direttiva l'uno sull'altro. Il protoplasma esteriore si comporta come se esso, e le sue vacuole, globuli grassosi, ecc., fossero mitocineticamente omogenei. Ma il citoplasma internamente all'Hautschicht si è trasformato in un fuso di fili e in fibre raggianti, le quali, passando attraverso al plasma intermedio, terminano, come potrebbe inferirsi a priori per ragioni teoriche, nell'Hautschicht penetrandovi in direzione radiale. Il mezzo intermedio del fuso sembra essere un liquido molto vischioso. Per un lato assai importante le catene cellulari differiscono da quelle inorganiche: esse non sono formate unicamente mediante separazione, ma spesso crescono a partire dai centrosomi. Per tutti gli altri rispetti essi hanno le medesime proprietà. Nella cellula sembra spesso che la regione del fuso sia separata dal citoplasma periferico « omogeneo » da

uno strato delimitante di plasma che ha la proprietà di essere semipermeabile all' osmosi, similmente alle membrane vacuolari di De Vries, e alla stessa Hautschicht: noi chiamiamo questo strato il « mantello ».

Talune volte i raggi degli aster non arrivano all' Hautschicht ma terminano nelle pareti divisorie fra gli alveoli del citoplasma: in questo caso essi esercitano una trazione su di quelle ed allungano le loro maglie. D' altro canto là ove essi metton capo ai centrosomi la loro terminazione è brusca e gli alveoli del centrosoma non mostrano alcun segno di deformazione che indichi una trazione. Ciò indica chiaramente che la parete del centrosoma è molto elastica e funziona come uno schermo, e che inoltre la turgescenza del suo contenuto è abbastanza forte da resistere alla trazione, e forse ancora che tutte le trazioni esercitate tutto attorno sul centrosoma si fanno equilibrio, almeno nella maggior parte dei casi.

Una volta costituitasi, la figura mitotica può crescere, i suoi centrosomi allontanarsi l' uno dall' altro vincendo la tensione del fuso (Fig. 1, *B-F*); talune volte tuttavia le forze antagoniste possono riuscire a tirar fuori dal centrosoma una specie di bozza ovale, con i suoi alveoli allungati nella direzione della trazione. Véjdowsky e Mrázek han mostrato squisitamente questo fenomeno nelle loro figure e nei preparati della segmentazione dell'uovo fecondato del verme d'acqua dolce *Rhynchelmis*, ove i centrosomi assumono la forma di un 8 con l' ovale più piccolo rivolto verso il fuso [1].

In questo caso una sola conclusione è possibile: che i centrosomi, costituiti come sono di una sostanza vischiosa, assumono questa forma in conseguenza delle trazioni antagoniste: la trazione meccanica del fuso e quella del citoplasma periferico; e che la figura è dovuta alla vischiosità del contenuto del centrosoma e all' esistenza di una parete contrattile ed elastica. L' allontanamento dei centrosomi può essere aiutato, o, in taluni casi, determinato, dalla turgescenza della cavità del mantello, sebbene non penso che questo si possa applicare al *Rhynchelmis;* questa supposizione certamente spiega la forma

[1] Grazie alla cortesia del prof. Véjdowsky ho avuto l' opportunità di vedere parecchi dei preparati figurati da lui stesso e dal dott. Mrázek, e posso fare testimonianza della assoluta accuratezza delle loro figure singolarmente elaborate (*Arch. f. mikr. Anat.;* vol. LXII, 1903).

panciuta del fuso dopo l'allontanamento dei centrosomi, come per es. nell'endosperma di *Caltha*. L'inanità dei tentativi di spiegare *tutti* i complessi fenomeni della divisione cellulare mediante *una sola* forza è adesso ovvia.

Passiamo ora al comportamento dei cromosomi, che è il risultato diretto del campo di forze bipolare. Allorchè la membrana nucleare scompare, i cromosomi, già fessi per il lungo passano all'equatore del fuso, e si dispongono nel piano equatoriale del fuso stesso, allontanandosi fra di loro verso l'esterno per quanto è possibile compatibilmente con la loro permanenza in contatto con le fibre del fuso (Fig. 1, *F*) Ogni fisico sa che un induttore posto in un campo magnetico od elettrico tenderà a passare nella regione di massima intensità, quale sarebbe appunto l'equatore del fuso. Conosciamo anche il fatto che gl'induttori si respingono l'un l'altro lateralmente, e così fanno i cromosomi. Questi possono per conseguenza essere considerati come induttori flessibili relativamente spessi. Per un certo tempo questa ripulsione li tiene largamente sparsi nel piano equatoriale; ma la loro posizione è eminentemente quella di equilibrio instabile; ed una piccolissima spinta (sufficiente però a vincere la vischiosità del mezzo) li determinerà a muoversi verso uno o l'altro dei poli. Poichè come cresce l'intensità del campo, la ripulsione mutua esercitata fra le due metà fesse dei cromosomi determina la rottura definitiva della striscia plasmatica longitudinale che riunisce le due metà; e le due metà sorelle staccandosi l'una dall'altra in seguito a questa brusca rottura si allontanano, si dirigono ai poli opposti, scivolando lungo un filamento del fuso fino a raggiungere il centrosoma più vicino. Allorchè questi centrosomi figli sono lunghi e sottili accade un curioso cambiamento di forma: essi spesso si staccano sotto forma di un J con l'uncino rivolto esternamente e con la gamba giacente lungo la fibra del fuso che serve di guida. Se non che la gamba viene a piegarsi all'indietro verso l'equatore, diventando convessa verso il polo a cui il cromosomo è diretto, nel mentre che l'uncino si raddrizza, così che il centrosomo viene ad assumere la forma di un U o di V con la pancia o col vertice rivolto nella direzione del movimento. Tale è il comportamento che un fisico si attenderebbe da un corpo flessibile allungato che si muove in un mezzo vischioso sotto la

azione di una forza centrata simile al mitocinetismo: una breve cordicella o un filo lasciato cadere da una finestra mostra bene questo fatto se la corda è infilata in una striscia

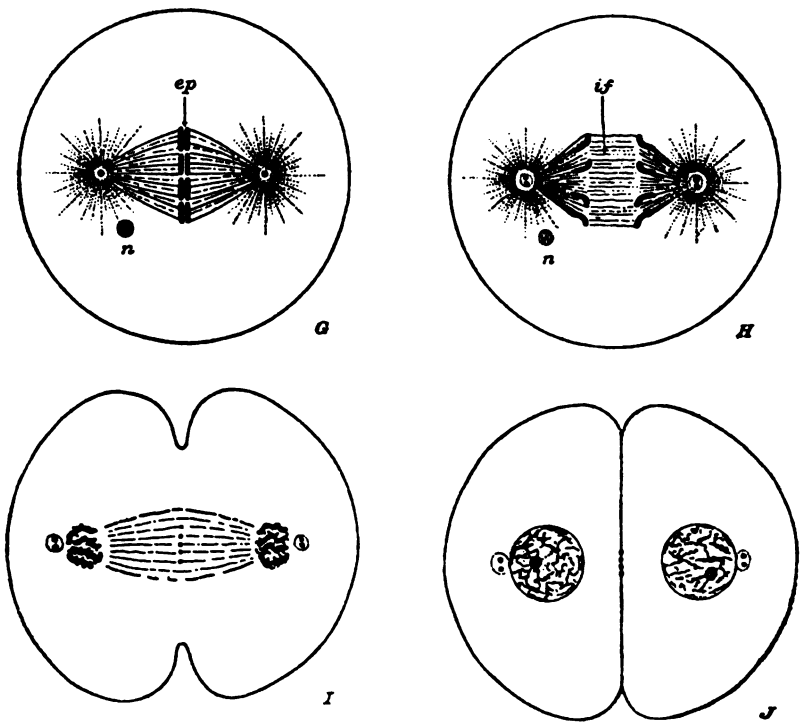

FIG. 2.
Diagrammi degli stadii finali della divisione cellulare mitotica.
(Secondo Wilson, *The Cell etc.*, ed. 2, 1902, fig. 26).

di carta onde accrescere la resistenza. Man mano che questi corpi a forma di V si avvicinano ai poli essi divergono sempre più per le loro estremità libere, così come fa un fascio di aghi allorchè è avvicinato al polo di un magnete [1].

[1] La signora Marcella Boveri ha fatto una interessantissima osservazione concernente alcune divisioni in cui, se ci è permesso di esprimerci in modo poco corretto, il gruppo equatoriale di cromosomi si forma più vicino ad uno dei poli: ella trova che tutti quanti i cromosomi si muovono verso questo polo; ma che man mano che vi si avvicinano, la repulsione tra le due metà di ciascun cromosomo si accresce tanto da completare la fenditura, e i cromosomi figli, affatto indipendenti e raddoppiati di numero,

Nelle divisioni « meiotiche » che han luogo nel processo di « maturazione » dell'uovo e di spermatogenesi dei Metazoi, e nella formazione delle spore delle piante a fiori (fanerogame) e delle archegoniate (muschi, felci, gimnosperme), i cromosomi che passano all'equatore sono non solamente sdoppiati ma quadrupli; poichè oltre ad avere la fenditura longitudinale (a questo momento di solito impercettibile) essi consistono di due segmenti irregolari uniti dalla sostanza acromatica solamente alle due estremità, od occasionalmente da un ponte plasmatico nel mezzo. Adesso si susseguono due divisioni dette di maturazione. Nella prima di queste, detta divisione eterotipica, all'equatore del fuso la divisione principale si accentua e i segmenti accoppiati divergono fra loro per quanto è possibile, formando un anello se le congiunture sono alle estremità dei segmenti, o un X o un H se esiste il ponte transverso mediano. In questo 1° fuso la divisione principale vien completata; e man mano che i V divergenti si avvicinano ai poli la scissione trasversa già iniziata si accentua ma non viene ancora completata. Nella divisione successiva la scissione, preparata da così lungo tempo, si compie, così che questa divisione, acconciamente chiamata « omeotipica » avviene col meccanismo solito. È ovvio che tanto per la divisione meiotica che per la divisione ordinaria il campo mitocinetico fornisce una spiegazione adeguata. La formazione dei cromosomi quadrupli della divisione meiotica è adesso studiata da parecchi lati da competenti osservatori, e la convergenza delle vedute ci fa sperare di ottenere i dati per una soluzione definitiva.

Abbiamo veduto come il campo cellulare compie un così rimarchevole risultato quale è la fenditura longitudinale di un filamento vischioso. Non conosciamo alcun meccanismo capace di compiere ciò se non una forza duale che agisca nel modo che abbiamo descritto; e possiamo perciò inferire che la funzione o la « causa finale » dei complessi fenomeni della divisione cellulare mitotica sia appunto l'esecuzione di questo còmpito. Un'ulteriore deduzione, già riferita, è la

raggiungono quel polo ove formano un unico nucleo figlio dotato d'un numero di cromosomi doppio del normale, che è poi perpetuato nelle divisioni successive. È ad un processo di questo genere, forse, che noi dobbiamo ascrivere il numero completo di cromosomi nei nuclei degli embrioni « merogonici ».

funzione puramente *fisica* della cromatina, l'impregnazione del protoplasma con una sostanza di elevata permeabilità alla forza, in guisa da mutarlo in un induttore. Giacchè la sostanza acromatica è deficiente nei nodi dove stanno inclusi i granuli di cromatina, ove noi dovessimo annettere qualche significato da un punto di vista morfologico alla struttura a rosario dei cromosomi primitivi, dovremmo riguardare gl'internodi tra i granuli, come rappresentanti gli « idi », se pure gli idi esistono. Boveri ha dato il suo autorevole appoggio a questa veduta emessa la prima volta da noi nel 1898.

È importante notare che, nell'accrescimento del fuso, alcune delle sue fibre possono non andare da un polo all'altro, ma terminare ai cromosomi; però queste fibre brevi non sono costanti, mentre quelle complete non mancano mai. Su queste ultime i cromosomi scivolano come su dei fili metallici, ma le fibre brevi si riducono a nulla quando i cromosomi figli sui quali esse terminano, si avvicinano ai centrosomi. Così esse danno l'illusione di essere delle fibre muscolari che tirino i cromosomi verso i poli; mentre in realtà la loro azione è totalmente differente.

Il nucleo figlio è ricostituito dai cromosomi raccolti a ciascun polo nel modo seguente (Fig. 2, *H*): ogni cromosomo figlio si gonfia e diventa vacuolato, e può assumere subito la forma di un nucleo in riposo, e poscia tutti questi nuclei formati da cromosomi singoli si fondono per la confluenza delle loro pareti in un nucleo reticolato del tipo originario; la fusione potendo aver luogo fin dall'inizio della vacuolizzazione dei cromosomi. Nella maggior parte dei casi qualsiasi traccia della multiplicità originaria di formazione si perde, salvo che una nuova divisione sopravviene rapidamente dopo il completamento della prima.

La polarizzazione della cellula, dipendente dal mitocinetismo scompare ben presto: una costrizione equatoriale appare nello strato periferico, nell'Hautschicht, la quale approfondendosi separa le due cellule figlie: durante questo processo le fibre del fuso diventano lasse, e di solito tosto si fondono nell'ordinario citoplasma. Il processo si vede meglio nelle due cellule figlie dell'uovo fecondato, ove le cellule possono arrotondarsi indipendentemente l'una dall'altra; ivi, come per parecchie generazioni cellulari consecutive le giovani cellule occupano, prese insieme, uno spazio molto più

piccolo della loro progenitrice, ossia dell' uovo non segmentato, contraendosi per l' escrezione di un liquido acquoso. Potremmo attribuire la constrizione e la bipartizione del corpo cellulare ad una concentrazione attorno ai nuclei figli, agenti come due poli dello *stesso* segno, se non fosse che un simile solco equatoriale occorre anche nelle cellule in divisione dei tessuti vegetali, dove la nuova superficie divisoria non può non rimanere piana e dove non ha luogo alcuna contrazione. Comunque sia qui la forza è totalmente differente dal mitocinetismo. Sembra dunque che le forze utilizzate dalle cellule embrionali dei metazoi e quelle utilizzate dalle cellule delle piante differiscano le une dalle altre o per la loro natura o per il modo di applicazione; ma che lo stesso fine — divisione del citoplasma — sia raggiunto per vie differenti.

Nella precedente analisi, mentre abbiamo seguito le trasformazioni dei cromosomi, abbiamo intenzionalmente passato sotto silenzio quelle del campo citoplasmatico, ciò che però non affetta menomamente lo studio del campo cellulare attivo: ci occuperemo adesso di questo soggetto. In primo luogo abbiamo notato che non tutto il plasma cellulare è mitocineticamente eterogeneo: il citoplasma periferico è omogeneo e risponde solamente per via indiretta e mediata alla forza mitocinetica, ossia per mezzo della trazione meccanica dei raggi dell' aster; esso ha la medesima permeabilità dei granuli in esso contenuti e del liquido dei suoi alveoli. Il rimanente citoplasma, quello cioè che, sotto quest' azione, si trasforma nel campo cellulare, deve essere di natura alquanto diversa. Ciò per la prima volta fu mostrato da Boveri che diede ad esso il nome di « archoplasma »; il nome « kinoplasma » dello Strasburger è, come crediamo, posteriore, ed ha un significato più ampio. Questo archoplasma si distingue spesso nelle cellule in riposo dei metazoi come una piccola massa ovoidale di plasma adiacente alla membrana nucleare, e che di buon' ora assume la forma di una figura mitotica in miniatura, con un paio di centrosomi, ognuno contenente il suo granulo centrale o « centriolo », e circondato dalla sua corona di raggi, e riunito al suo compagno mediante un fuso centrale. Man mano che il nucleo matura per la mitosi, questo fuso cresce a spese dell' adiacente citoplasma o delle riserve in questo contenuto: questa ultima fonte di accrescimento è

specialmente appariscente nelle cellule embrionali, dove i granuli vitellini scompaiono man mano che l'archoplasma si accresce. Quando la parete nucleare si dissolve, la massa archoplasmatica è abbastanza grande perchè il contenuto del nucleo possa essere ricevuto all'equatore.

Le varie fasi dell'accrescimento dell'archoplasma sono bene mostrate nel *Rhynchelmis*, dove la parete del centrosoma originario scompare, e il suo contenuto, prima alveolare, diventa decisamente raggiato, mandando fuori delle ramificazioni radiali simili ai pseudopodi di un Eliozoo, ben addentro nel citoplasma indifferenziato. Ma questo cambiamento non si estende al di dentro verso il centro: poichè prima che le basi dei raggi possano raggiungere il centriolo, appare ad una breve distanza un nuovo involucro che limita un nuovo centrosoma, che cresce e conserva il suo carattere alveolare. Noi possiamo considerare questo accrescimento del centrosoma e dell'astrosfera esterna e dei suoi raggi come il campo di una forza semplice centrata, ben distinto dal campo mitocinetico che presenta una dualità di centri. Se questo modo di accrescimento del centrosoma si applica a tutte le cellule dei metazoi è molto incerto.

Nelle piante superiori mancano i centrosomi: le estremità del fuso convergono in un punto, o in una regione mal differenziata del citoplasma, di estensione variabile e talune volte così ampia che il fuso prende la forma di un barile o anche di un cilindro. Negli organi vegetativi l'archoplasma è dapprima visibile sotto forma di un paio di masse ovoidali a due poli opposti del nucleo, e il fuso è chiaramente visibile solo quando scompare la membrana nucleare: la massa polare della cellula figlia scompare durante lo stadio di riposo. Nelle divisioni meiotiche delle piante superiori il processo è differente. Attorno al nucleo si vedono delle differenziazioni filamentose del citoplasma, dapprima radiali, ma in seguito tangenziali; questi filamenti si riuniscono in fasci che convergono verso i due poli della cellula, e quando la parete nucleare scompare essi hanno la forma di fusi situati fianco a fianco e paralleli. I punti terminali dei fusi adiacenti allora si avvicinano l'uno all'altro lateralmente fino a che alla fine si fondono in un fuso unico munito di estremità ben appuntite. Il processo complessivo è qui di difficilissima interpretazione e noi dobbiamo astenerci dal fare sia pure un tentativo di

spiegazione. Anche qui è ovvio che la forza che avvicina le estremità « dello stesso segno » dei fusi di catene di forze dev'essere distinta dalla forza duale che trova la sua espressione nel fuso medesimo.

Nelle cellule vegetali l'archoplasma sembra formarsi ex novo ad ogni divisione; nelle cellule dei metazoi, dove il centrosoma persiste, esso si riproduce così: il centriolo si divide, ed attorno a ciascuno dei centrioli appare un nuovo centrosoma, con una corona di raggi divergenti e unito al suo fratello per mezzo di un fuso. Così fin dalla prima loro formazione i centrosomi posseggono ciò che nella terminologia elettrica possiamo chiamare delle cariche eguali e di segno contrario. Ora noi non conosciamo alcun fenomeno fisico analogo a questa polarizzazione in senso opposto che entra in iscena nella separazione di corpi praticamente identici [1].

Con ciò abbiamo seguìto il giuoco delle forze nella divisione cellulare attraverso le sue fasi successive, messo in azione volta a volta in un ordine determinato.

Possiamo raggruppare queste forze in categorie separate:

1. *Delle forze ben note,* quali la trazione meccanica delle fibre del fuso sui centrosomi, quella delle fibre dell'aster sugli alveoli del citoplasma periferico, e i fenomeni osmotici.

2. *Delle forze che occorrono altrove nei corpi viventi,* ma la cui interpretazione fisica non è ancora completamente chiara, quali le correnti protoplasmatiche, l'accrescimento e l'estendersi delle fibre dell'aster nel vischioso protoplasma periferico, la scissione dei granuli di cromatina e del centriolo, ecc.

3. *Mitocinetismo,* una forza duale che si trova unicamente qui.

4. *Forze che non trovano alcuna analogia fisica:* la formazione dei cromosomi, la formazione del fuso nelle piante, la polarizzazione mitocinetica dell'arcoplasma. Oltre a questi fenomeni, intervengono in determinata successione cangiamenti fisici o chimici adatti, (quali la digestione e l'accrescimento), casi speciali di metabolismo organico che differiscono molto dai

[1] Ma una lievissima differenza del carattere della superficie o della composizione fra due conduttori isolati che si tocchino è sufficiente a determinare un campo elettrostatico fra di loro quando vengano separati.

processi chimici del mondo inorganico, ed anche dei nostri laboratorii, come si scorge specialmente considerando le risorse limitate dell'apparato cellulare, e l'assoluta mancanza di qualcosa di comparabile all'isolamento in vasi di vetro che i nostri chimici trovano indispensabile.

Se la cariocinesi fosse stata conosciuta verso il 1870 non vi sarebbe stata alcuna scuola antivitalistica fra i fisiologi dell'ultimo quarto del secolo XIX.

È stata nostra cura di mostrare le enormi lacune delle nostre conoscenze: non deve essere dimenticato che tanto più intensamente s'irradia la luce che noi apportiamo nell'esplorazione della natura, tanto più tenebrose saranno le profondità ove la luce non giunge.

Università di Cork (Irlanda).

MARCUS HARTOG

LA FONCTION DU SOMMEIL

I. - Le problème.

Pourquoi dormons-nous?

Dans les sciences biologiques, le mot « pourquoi » peut s'entendre de deux façons. Il peut signifier « par quel mécanisme », « comment », c'est le pourquoi causal; mais il veut dire aussi « dans quel but », « en vue de quelle utilité », c'est le pourquoi final.

On s'imagine fréquemment que l'emploi du mot *pourquoi* dans cette seconde acception n'est pas légitime, parce qu'il impliquerait l'existence de causes finales, de volontés prévoyantes cachées sous les phénomènes, ou autres agents mystérieux incompatibles avec une science fondée sur le déterminisme. En réalité, cette crainte est chimérique. Considérer les phénomènes biologiques sous l'angle de la finalité, ce n'est pas les exclure du déterminisme; c'est simplement les considérer d'une façon synthétique. Dans un organisme, les divers processus sont dans une relation réciproque; ils sont adaptés à une fin unique, la conservation de l'individu. Un organisme est un corps instable conservant invariable son milieu intérieur par des artifices divers. Il n'y a vie que tant que ce résultat est atteint. La vie implique donc l'adaptation de certains moyens à une certaine fin. Maintenant, cette finalité implique-t-elle des causes finales plus ou moins mystérieuses? En aucune façon. Elle n'est qu'un résultat de causes déterminantes qui, agissant pendant de longues générations, ont fini par faire prendre à la causalité le masque de la finalité. C'est le mérite immortel de Darwin d'avoir montré comment cette finalité a

pu sortir automatiquement d'un monde strictement déterminé, créée de toutes pièces par la sélection naturelle [1].

1. - La première chose à se demander en face d'un phénomène se déroulant dans un organisme, c'est: « Ce phénomène a-t-il un pourquoi final, ou n'a-t-il qu'un pourquoi causal? ». En d'autres termes: Ce phénomène est-il une *condition* de la vie (comme par exemple la mue des animaux) ou n'en est-il simplement qu'un *effet* contingent, accidentel, secondaire (comme par exemple la calvitie)? Ce phénomène est-il, oui ou non, une *fonction?*

2. - Mais un phénomène peut être utile à l'organisme d'une façon *passive* et d'une façon *active.* Ainsi la rigidité du squelette est utile à l'animal; cette rigidité est sans doute une fonction; mais c'est une fonction toute passive, qui s'exerce et remplit son but sans faire intervenir l'activité de l'animal ou de ses organes. On a cru pendant longtemps que la production de l'urine dans le rein résultait d'un simple filtrage; selon cette conception, l'excrétion urinaire serait certainement une fonction, puisque ce filtrage des éléments toxiques du sang est adapté à la conservation de l'organisme. Mais ce serait une fonction toute passive; l'activité de l'animal ni celle des cellules rénales ne serait pour rien dans ce processus. Or on a constaté que ces cellules jouaient un rôle, non seulement statique, pour ainsi dire, mais dynamique, actuel, dans cette sécrétion urinaire. D'après les théories modernes, l'excrétion urinaire est une fonction *active.*

3. - Lorsqu'on a déterminé le pourquoi final d'un phénomène organique, c'est-à-dire sa fonction, il reste encore à rechercher son pourquoi causal, à savoir quel est son *mécanisme.* Ce problème du mécanisme comprend lui-même plusieurs questions qu'on peut grouper sous trois chefs: 1. La question du mécanisme *constitutif,* c'est-à-dire celle de savoir en quoi consiste le phénomène même que l'on considère. — 2. La question du mécanisme causal ou *déclencheur:* comment ce phénomène a-t-il été déclenché? quels en sont les antécé-

[1] Ce n'est pas ici le lieu de montrer que le concept de finalité est strictement scientifique, et n'est qu'une façon de poser la question de l'adaptation. Voir notamment les excellents articles de GOBLOT sur *La finalité sans intelligence* dans la *Rev. de Mét. et de morale* juillet 1900, et dans la *Rev. philos.* de 1899 et de 1903.

dents nécessaires? — 3. La question du mécanisme *final*, ou fonctionnel proprement dit, qui est celle de savoir comment ce phénomène est utile à la vie ou à l'organisme.

Prenons un exemple. Nous verrons que ces trois questions sont bien distinctes, et qu'à chacune d'elles correspond un problème spécial. Supposons qu'il faille rendre compte du mécanisme de la contraction de la pupille. Ce problème implique les trois suivants:

a) Mécanisme constitutif: Quel est le mécanisme de la contraction pupillaire? — Réponse: la contraction du *sphincter pupillæ.*

b) Mécanisme déclencheur: Par quel mécanisme ce sphincter se contracte-t-il? — Réponse: Par l'excitation de la rétine ou par celle du nerf oculo-moteur; ou par la paralysie du sympathique, etc.

c) Mécanisme final: Par quel mécanisme ce resserrement de la pupille est-il utile à l'organisme? — Réponse: En restreignant l'arrivée dans l'œil d'une trop grande quantité de lumière qui gênerait la vue et fatiguerait la rétine.

Nous pouvons maintenant revenir à notre question: *Pourquoi dormons-nous?* Ces remarques préliminaires, si élémentaires fussent-elles, étaient cependant nécessaires pour bien poser le problème du sommeil. Nous voyons que ce problème comprend les questions suivantes:

1. Le sommeil est-il un phénomène accidentel, accessoire, secondaire, un « Nebeneffekt » de la vie organique, ou en est-il une condition, une fonction?

2. S'il est une fonction, cette fonction est-elle passive ou active?

3. S'il est une fonction active, quel est son mécanisme *a)* constitutif, *b)* déclencheur, *c)* final?

Ce n'est que lorsqu'on aura répondu à chacune de ces questions, et que les réponses faites seront en harmonie entre elles et s'accorderont avec les faits, que l'on possédera une théorie satisfaisante du sommeil.

II. - Coup d'œil historique.

Le problème du sommeil n'a que fort peu préoccupé les physiologistes. Ceux-ci ne paraissent l'avoir envisagé que d'un œil distrait. Ils ont proposé, il est vrai, un assez grand nombre

d'hypothèses pour expliquer ce phénomène. Mais, lorsqu'on y regarde de près, on s'aperçoit qu'aucune de ces hypothèses explique rien, et qu'aucun effort a jamais été fait pour en tirer une explication qui se tienne. Si l'on n'a pas résolu le problème, cela provient surtout de ce qu'on n'a pas su le poser. On a cherché à déterminer quel est le mécanisme physiologique du sommeil; mais comme on ne s'était jamais demandé ce qu'est le sommeil, si oui ou non il a un rôle, on a passé sans les voir à côté de faits très importants et qui crèvent les yeux. Avant d'énumérer ces faits, jetons un coup d'œil très rapide sur les diverses théories proposées jusqu'ici [1].

A) - **Théories circulatoires.** — Certains physiologistes ont constaté que le sommeil est accompagné d'une *anémie* cérébrale (Blumenbach, 1795; Donders, 1854; Kussmaul et Tenner; Durham; Hamond; Cl. Bernard; Franck, Tarchanoff, Salathé, Fleming; H. Owell, 1897; Lehmann, 1899). Mais d'autres savants ont au contraire observé pendant cet état une *hypérémie* de l'encéphale (Brown, 1860; Langlet et Kennedy; Mosso; Czerny, 1896). D'autres enfin n'ont pas trouvé de parallélisme constant entre la circulation cérébrale et le sommeil (Vulpian, Brown-Séquard; Richet, Mays, Hill, Cappie, Rummo et Ferranini, Makenzie). Brodmann (1902) a constaté que l'assoupissement est caractérisé par une notable et soudaine augmentation, le réveil par une diminution, du volume du cerveau.

B) - **Théories neuro-dynamiques.** — On peut subdiviser ces théories en 4 groupes:

1. - Hypothèse d'une *interruption de conductibilité* dans les centres nerveux. Purkinje (1846) expliquait le sommeil par une interruption des relations existants à l'état de veille entre les hémisphères et le reste du cerveau. Mauthner, en 1901, a repris cette hypothèse, et place dans la substance grise du troisième ventricule et de l'Acqueduc de Sylvius le lieu de cette interruption.

2. - *Discontiguité des neurones.* Emise en 1895 par Mathias Duval, cette hypothèse a fait fortune. Les ramifications protoplasmiques des neurones, en se rétractant, inter-

[1] Pour plus de détails, voir mon *Esquisse d'une théorie biologique du sommeil*, p. 247 et suiv. *Archives de Psychologie*, tome IV, et publiée à part chez Kündig, Genève, 1905.

rompraient les communications entre l'organisme et le milieu ambiant. Le sommeil ne serait autre chose que cet isolement. Cette hypothèse semble contredite par les faits (Stefanowska).

3. - *Inhibition.* Pour Brown-Séquard, le sommeil est le résultat d'une inhibition de l'activité intellectuelle. Pour Verworn, l'inhibition du sommeil résulte de la prédominance des processus d'assimilation sur les processus de désassimilation. — Forel et Oscar Vogt considèrent le sommeil comme une inhibition d'origine réflexe, qui serait déclenchée par divers facteurs psychiques.

4. - *Défaut d'excitations.* On a prétendu que l'état de veille n'est possible que si l'organisme est soumis à des excitations venant du dehors. Ces excitations faisant défaut, l'animal s'endormirait (Tarchanoff, Heubel). Certains hystériques s'endorment lorsqu'on leur bouche les yeux et les oreilles (Strümpell, Raymond, Pronier); mais ce sommeil n'a rien de commun avec le sommeil naturel (Seglas et Bonnus, Ballet). Borgherini a aussi constaté que la somnolence qui s'empare des chiens auxquels on a extirpé le cerveau et bouché les yeux n'est pas un sommeil réel. — L'absence d'excitations favorise sans doute le sommeil (nous verrons plus loin pourquoi) mais ne saurait rendre compte du sommeil normal qui survient au milieu des excitations les plus fortes. « On s'endort à l'Opéra malgré la lumière et le bruit », remarque justement Ch. Richet.

C) - **Théories chimiques.** — Tandis que les hypothèses précédentes (à part une ou deux exceptions) n'envisageaient que le mécanisme constitutif du sommeil, sans s'expliquer sur les raisons pour lesquelles ce mécanisme est mis en branle, les théories chimiques font un effort beaucoup plus considérable pour saisir le pourquoi du sommeil: elles s'accordent toutes pour considérer le sommeil comme résultant de la fatigue ou de l'usure produite par l'activité de la veille.

1. - *Théories bio-chimiques.* Le sommeil est dû à une asphyxie périodique du cerveau, soit à un appauvrissement du cerveau en oxygène (Sommer, Pflüger), soit à une usure de la substance cérébrale (Kohlschütter).

2. - *Théories toxiques.* Le sommeil est dû à une intoxication du système nerveux par certains déchets s'accumulant périodiquement dans le sang (Obersteiner, Preyer, Binz, Rachel, Errera, Bouchard). L'origine de ces substances ponogènes varie suivant les auteurs. Pour R. Dubois, c'est l'acide carbonique

qui serait l'agent hypnotique. A un certain taux de concentration dans le sang, il endormirait; pendant le sommeil, cet acide continuerait à s'accumuler, jusqu'à ce qu'il soit en proportion suffisante pour exciter les mouvements respiratoires, grâce auxquels il serait éliminé.

Citons ici deux théories récentes. Celle de Devaux (Arch. gén. de méd., 1905), d'après laquelle le sommeil serait dû à l'osmose: lorsque des substances d'usure se fixent dans le cerveau en quantité anormale, elles soutirent aux capillaires cérébraux une certaine quantité d'eau, ce qui a pour effet de ralentir la circulation et par suite l'arrivage de l'oxygène.

Salmon (*Sull' origine del sonno,* 1905) regarde le sommeil comme étant dû à la sécrétion interne de l'hypophyse. Cette sécrétion interne aurait une action trophique et antitoxique sur le système nerveux.

III. - Critique de ces théories.

Aucune des hypothèses que nous venons de passer rapidement en revue ne satisfait aux conditions que nous avons posées plus haut.

Les théories circulatoires et neuro-dynamiques — outre qu'elles sont loin de reposer sur des faits physiologiques certains, — ont ce défaut commun de ne pas nous montrer que les phénomènes invoqués (anémie cérébrale, discontiguité des neurones, etc.) sont *la cause* plutôt que *l'effet* du sommeil. De plus, à supposer que ces processus soient bien la cause du sommeil, les hypothèses en question ne nous montrent pas pourquoi ces processus sont déclenchés. Enfin, elles sont contraires aux faits que nous énumérerons tout à l'heure.

Les théories chimiques bien qu'elles soient, comme je l'ai dit, plus compréhensives que les précédentes, ne constituent nullement une explication suffisante du sommeil. En effet, ainsi que je l'ai montré tout au long dans mon *Esquisse d'une théorie biologique,* elles tombent sous le coup des critiques suivantes:

1. Ces hypothèses reposent sur un sophisme: de ce que certaines substances toxiques, ponogènes, etc., introduites dans le sang produisent *du* sommeil, c'est-à-dire un certain état narcotique, il n'en résulte aucunement que ces mêmes substances engendrent *le* sommeil ordinaire.

2. Ces théories ne tiennent pas la promesse qu'elles vaient faite de rendre compte du cycle de la veille et du ›mmeil, de l'enchainement et de l'alternance de ces deux ;ats. Sans doute, elles nous montrent pourquoi le sommeil installe, mais elles ne vont pas plus loin, et elles ne nous ıontrent pas pourquoi le sommeil dure. D'après les théories ıimiques, l'alternance de la veille et du sommeil devrait être courtes phases, comme la respiration ou le Cheyne-Stokes. n effet, si le sommeil commence au moment où la toxicité ı l'usure des tissus cérébraux ont atteint un certain ma-imum, il est bien évident que, cette toxicité ou cette usure iminuant aussitôt que le sommeil a commencé, ainsi que ıdmettent ces théories, leur intensité tombe au-dessous du .aximum engendreur du sommeil, et que par conséquent l'in-.vidu doit se réveiller pour se rendormir aussitôt après, dès ıe quelques instants de veille auront reporté l'usure ou la ›xicité au maximum hypnotique.

3. Les théories chimiques ont plus ou moins implicite-.ent admis que le sommeil restaurait. Le sommeil restaure ı effet, non seulement en tant qu'il est un repos, mais il ›staure en tant que sommeil. Or, on ne voit pas du tout, après les théories chimiques, d'où pourrait provenir cette ›tion restauratrice du sommeil. Car, le sommeil et la veille étant pas à courtes phases, le déblayage des substances ›xiques dans le sang ne peut se faire convenablement *que si cause du sommeil est autre que l'envahissement même du :ng par ces toxiques.*

4. Si l'épuisement était la cause du sommeil, le sommeil ›vrait marcher de pair avec l'épuisement. Mais ce n'est pas cas. On peut dormir sans être épuisé, ni même fatigué insi les employés à leur bureau; les enfants en bas âge); ı peut au contraire se fatiguer beaucoup (les vieillards) où re réellement épuisé (les neurasthéniques) et ne dormir que ›u ou souffrir d'insomnie.

5. La volonté, l'intérêt peuvent retarder le sommeil. Si ı moment où nous nous endormons on nous dit que notre aison brûle, nous n'avons plus aucune envie, ni même aucun ›soin de dormir. Fait capital, d'une banalité aveuglante, et ıe cependant aucune théorie n'a envisagé. Or il est bien ›ident que si le sommeil est l'aboutissant fatal d'un processus intoxication, la volonté ni l'intérêt ne le pourront dissiper

comme un charme. Allez dire à un urémique dans le coma que son lit prend feu, et vous verrez s'il réagira, et si ça dissipera son coma...!

6. La volonté favorise l'assoupissement. Lorsqu'on est éveillé par la sonnerie d'un réveil-matin, on peut à volonté, ou bien se lever, ou bien se remettre à dormir. D'autre part, ainsi que l'a observé Janet, il arrive souvent que les abouliques ne peuvent arriver à s'endormir.

7. La suggestion du sommeil, comme l'avaient deja remarqué Vogt et Forel, est inexplicable avec la doctrine de l'épuisement.

8. L'influence de l'obscurité, des excitations monotones, n'est pas davantage expliquée par les théories chimiques.

9. Le sommeil peut être partiel. On dort pour certains bruits et pas pour d'autres. Une mère est réveillée par les plus légers mouvements de son enfant, et ne l'est pas par le bruit bien plus fort du tonnerre ou des voitures passant dans la rue. Pourquoi cette fonction d'attention pour certaines excitations ne serait-elle pas aussi l'objet d'une usure ou d'une intoxication, si ces agents étaient vraiment les facteurs du sommeil?

10. La courbe de la profondeur du sommeil, telle qu'elle a été déterminée par les expériences de Kohlschütter, Michelson, de Sanctis, etc., n'a pas du tout la forme qu'elle devrait avoir si le sommeil était dû à une intoxication. Au contraire, cette courbe ressemble aux graphiques de travail et de fatigue (obtenus par exemple à l'ergographe); c'est comme si le sommeil était une activité qui se dépense peu à peu, et que le réveil survînt lorsqu'on est fatigué de dormir.

11. La conception toxique du sommeil est antiphysiologique. Il me parait inadmissible qu'un processus d'asphyxie des tissus, ou d'intoxication, assez violent pour mettre l'organisme hors d'état pendant 8 à 9 heures consécutives, se répète quotidiennement sans altérer en rien le tissu nerveux qui en a été le siège.

12. Le sommeil a une allure bien différente suivant les espèces animales. Les uns dorment le jour, d'autres la nuit. Certains ont un sommeil très court et léger, comme les oiseaux, dont le travail musculaire est pourtant d'une intensité colossale (et qui doivent fabriquer pas mal de substances ponogènes), d'autres ont un sommeil plus prolongé, d'autres encore

dorment pendant tout l'hiver ou tout l'été. Les théories chimiques n'expliquent pas ces diversités.

13. Ces théories ne rendent pas compte non plus de la longue insomnie des aliénés, des maniaques; ni des attaques de sommeil des hystériques; etc.

IV. - Théorie biologique du sommeil. [1]

En somme, les hypothèses avancées jusqu'ici n'expliquent à peu près aucun des faits, et sont même en contradiction flagrante avec eux. Cela provient de ce qu'on s'est exclusivement préoccupé de déterminer le mécanisme constitutif du sommeil — ce qui est justement la partie la plus difficile du problème — au lieu de considérer ce phénomène dans son ensemble, comme doit être considéré, ainsi que je l'ai dit en débutant, tout phénomène biologique. Et puisqu'on a négligé de répondre aux trois questions qu'il suscite (v. plus haut, § I) essayons de le faire nous-même, en interrogeant les faits.

1. *Le sommeil est-il un accident ou une fonction?* — Presque toutes les théories que nous avons examinées considèrent le sommeil come une simple cessation d'activité, comme une asphyxie, comme un phénomène presque anormal, un pis-aller inéluctable.... Et pourtant, les faits nous montrent éloquemment le contraire. Sachons voir les faits sans nous laisser hypnotiser par les hypothèses qui les contredisent et nous préviennent contre eux!

Le sommeil est assurément une fonction. Il n'est pas seulement un accident inévitable, le revers en quelque sorte de la vie de veille, mais il est utile *comme tel* à la vie. C'est, je crois, le plus évident de tous les faits. Qui ne dort pas meurt bientôt. Mais, comme d'autre part nous avons constaté que le sommeil n'est pas parallèle à l'épuisement, et qu'un individu qui dort peut, s'il est éveillé brusquement, se remettre à travailler, à agir, etc., nous arrivons à cette conclusion que,

[1] Ed. Claparède - *Théorie biologique du sommeil*, Communication à la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève, 4 février 1904 (*Arch. des Sc. phys. et nat.*, mars 1904). — *Biologische Theorie des Schlafes.* Comm. au Congrès de psychologie à Giessen, avril 1904. (*Bericht d. I. Kongress f. exp. Psychologie*, Leipzig, p. 76). — *Esquisse d'une théorie biologique du sommeil. Arch. de Psychol.*, IV.

dans les circonstances normales, le sommeil précède l'épuisement. Cette constatation, qui est capitale, nous ouvre des horizons tout nouveaux. Si le sommeil précède l'épuisement, il n'en est pas un effet secondaire, un accident. Il est alors un processus autonome. Mais quel est le but de ce processus? pourquoi précède-t-il l'épuisement? Cette question n'offre aucune difficulté pour le biologiste qui connait la grande importance des phénomènes d'anticipation dans la conservation de la vie. Il est fort utile que les fonctions commencent à se déclencher *avant* que la conservation de l'individu ou de l'espèce soit réellement en danger: la pupille se contracte *avant* que le rayon lumineux ait brûlé la rétine, l'oiseau prépare son nid un certain temps *avant* la ponte, etc. — Si donc le sommeil précède l'épuisement, c'est assurément pour *l'empêcher*. C'est une fonction de défense. *En frappant l'animal d'inertie, le sommeil l'empêche de parvenir au stade d'épuisement.*

2. *Cette fonction du sommeil est-elle passive ou active?* — Le sommeil ne pourrait être une fonction passive que si, résultat d'une intoxication, cette intoxication fût, comme telle, utile à l'organisme, par exemple en paralysant l'animal et en l'empêchant d'augmenter ses produits d'usure. Mais cette conception est insoutenable, car, nous l'avons vu, s'il en était ainsi, l'animal ne sortirait du sommeil que pour y rentrer aussitôt, le sommeil serait à rythme court, et jamais il ne produirait une restauration persistante. D'ailleurs tout nous montre que le sommeil est une fonction active. Le fait qu'il survient avant l'épuisement le prouve à lui seul. Ce qui caractérise la fonction active, réflexe, c'est qu'elle est déclenchée aussitôt que la cause nocive *a commencé* à agir. Ainsi, l'émission de l'urine n'est pas due à ce que la pression physique du liquide a forcé le *sphincter vesicae;* le besoin d'uriner se fait sentir bien *avant* que la pression soit assez considérable pour produire cet effet. De même le sommeil survient dès que le sang commence à se charger de substances toxiques.

Cette fonction active est un *instinct;* c'est ce que prouve le fait que le sommeil peut être reculé par l'intérêt ou la volonté. Nous constatons que le sommeil ne survient pas lorsqu'il est dans l'intérêt de l'individu de ne pas dormir à ce moment là. Le sommeil, comme tous les instincts, est régi par la *Loi de l'intérêt momentané,* que j'ai formulée ainsi: « A chaque moment c'est l'instinct qui importe le plus qui

prend le pas sur les autres », ou « A chaque instant un organisme agit suivant la ligne de son plus grand intérêt ». — Il m'est impossible de m'arrêter ici sur la conception scientifique de l'instinct, et sur les caractères (globalité, souplesse, plasticité, possibilité de stimuli secondaires, etc.) qui le distinguent du simple réflexe [1].

En résumé, le sommeil n'est pas un état purement négatif, passif, il n'est pas la conséquence d'un simple arrêt de fonctionnement; il est une fonction active, d'ordre réflexe, un instinct, qui a pour but cet arrêt de fonctionnement. Ce n'est pas parce que nous sommes intoxiqués ou épuisés que nous dormons, mais nous dormons pour ne pas l'être.

3. *Quel est le mécanisme du sommeil?* — Ici, nous entrons dans les hypothèses dès que nous cherchons à préciser le côté physiologique, nerveux, de ce mécanisme.

a) Commençons par le *mécanisme déclencheur.* Le sommeil est de nature réflexe. Quels sont les *stimuli* de ce réflexe? L'observation nous montre qu'ils peuvent être nombreux. Le sommeil peut être induit par des impressions de fatigue, par l'obscurité, par la station couchée, par la vue du lieu où l'on a coutume de dormir, par l'idée du sommeil, etc. Il est probable que pour le sommeil normal, l'action de ces stimuli est favorisée par une disposition interne, qui consiste en une certaine usure ou fatigue nerveuse, ou une certaine intoxication sanguine. Ceci nous permet d'expliquer à la fois le rôle certain que joue la fatigue dans l'éclosion du sommeil, et la non-inéluctabilité de ce facteur, qui agit comme excitant médiat, et non comme paralysant immédiat.

Quant à savoir sur quelles portions cérébrales agissent, en fin de compte, ces divers excitants, c'est ce que nous ignorons. Nous ne savons pas davantage s'il existe un centre plus ou moins localisé recueillant ces diverses impressions.

b) Le *mécanisme constitutif* du sommeil est plus difficile à démêler. On peut l'envisager au point de vue psychologique et au point de vue physiologique.

Psychologiquement le sommeil *est* — ceci n'est pas une hypothèse, mais une simple description — un état de *désintérêt pour la situation présente,* de distraction totale. L'individu qui dort ne s'adapte plus à ce qui l'entoure; ou du moins il

[1] Voir sur cette question mon *Esquisse* déjà citée, p. 278 et suiv.

ne dort qu'autant qu'il ne s'adapte plus. La mère ne dort pas pour son enfant malade couché auprès d'elle puisqu'elle entend ses moindres murmures. Le fait que les impressions monotones (c'est-à-dire qui ne réclament aucune adaptation) et les choses sans intérêt nous endorment, prouve aussi que le sommeil est cet état qui survient lorsque l'intérêt pour l'entourage n'est pas stimulé. — Lorsque les stimuli dont nous avons parlé agissent, ils suscitent ce désintérêt (à moins que l'intérêt provoqué par l'entourage ne soit plus fort que le désintérêt provoqué par les stimuli du sommeil, auquel cas l'animal restera éveillé, conformément à la Loi de l'intérêt momentané). Le sommeil consiste donc en une inhibition de la réactivité. Dans le sommeil, ce n'est pas la sensibilité qui est affaiblie, comme on l'a prétendu (si c'était le cas, le sommeil partiel ne serait plus possible), mais *c'est la réactivité* [1]. — Le sommeil survient par conséquent, soit lorsque l'entourage monotone ou ennuyeux n'exige aucune réaction, ce qui réalise la condition même du sommeil, — soit lorsque cette réactivité est suspendue par l'action de stimuli qui agissent en vertu de raisons biologiques, pour frapper l'animal d'inertie avant qu'il soit parvenu au stade d'épuisement. — Je n'insiste pas ici sur le côté physiologique de ce processus, que nous pouvons sans doute considérer comme rentrant dans les inhibitions actives.

c) Mais, pouquoi donc cet état d'inertie dans lequel est plongé l'animal l'empêche-t-il de parvenir à l'épuisement? Et surtout, comment restaure-t-il? — Ces questions nous amenent à dire quelques mots du « *mécanisme final* », de l'action réparatrice du sommeil.

Le sommeil doit restaurer tout d'abord par le fait même de l'inertie qu'il provoque. Cette inertie, en supprimant le travail musculaire, diminue l'usure des tissus et la production des substances ponogènes. Dans cet état, l'élimination de ces déchets est plus rapide que leur accumulation. Mais ce n'est pas tout, car nous savons que le sommeil restaure beaucoup plus qu'un simple repos, c'est-à-dire que la simple immobilité.

[1] KRONTHAL a récemment défendu une idée analogue à la Société berlinoise de Psychiatrie: le sommeil apparait, dit-il, lorsque les réflexes sont empêchés, lorsque les cellules ne réagissent plus. « Der Mensch müsse in Schlaf geraten, wenn die Reflexmöglichkeiten vermindert sind ». *(Centralblatt f. Nervenheilk.*, 15 Déc. 1906, p. 964).

Je suppose donc que le sommeil a une action restauratrice *spécifique*, qui proviendrait de ce que l'énergie nerveuse rendue disponible par le relâchement de la tension mentale, tension qui est indispensable à la fonction d'adaptation à la situation présente, est utilisée par l'organisme pour les besoins de la restauration, de la réassimilation, du trophisme des tissus. Dans le sommeil, la tension mentale serait remplacée par une tension végétative. Je reconnais que c'est là une pure hypothèse, mais cette hypothèse est légitime puisqu'elle rend compte de faits certains, sans contredire aucun des autres faits du sommeil, et au contraire en s'harmonisant avec eux. Elle rend compte aussi du grand besoin de dormir des enfants et des jeunes animaux: c'est comme si la croissance exigeait une tension végétative ne pouvant être exercée lorsque l'état de veille accapare l'énergie nerveuse pour l'adaptation mentale.

Salmon est le seul auteur, à ma connaissance, qui ait envisagé nettement cette action réparatrice du sommeil, et qui ait cherché à en donner une explication adéquate. Il suppose, comme on l'a dit plus haut, que la glande pituitaire sécrète une substance neutralisatrice des toxiques du sang. Cette substance serait en même temps somnifère, et c'est ce qui expliquerait que la neutralisation de ces toxiques soit accompagnée de sommeil. J'avais objecté à Salmon que son hypothèse était simplement une hypothèse de mécanisme, et qu'elle n'expliquait pas pourquoi le sommeil apparaissait à tel moment, et sous telles conditions, etc. A quoi Salmon m'a répondu [1] que son hypothèse pouvait fort bien s'accorder avec ma théorie biologique: « les stimuli psychiques pourraient exciter ou déprimer la sécrétion pituitaire ainsi qu'ils modifient la sécrétion gastrique, testiculaire, salivaire etc. » — Je n'ai rien contre l'intervention d'une sécrétion interne pendant le sommeil. Mais il est évident que l'hypothèse d'une telle sécrétion n'explique pas tout; elle n'explique pas même le.... sommeil lui-même, c'est-à-dire l'inertie qui caractérise cet état. Dire que cette sécrétion pituitaire a aussi une « vertu dormitive », c'est résoudre la question par la question! Pourquoi a-t-elle aussi cette propriété hypnotique? C'est ce qu'on se demande. Et la

[1] SALMON - *L'origine du sommeil et l'hypophyse. Arch. de Psychol.*, IV, p. 159.

théorie de Salmon n'y répond pas. Pourquoi la sécrétion neutralisatrice de l'hypophyse nécessiterait-elle, pour s'effectuer, un état de léthargie, tandis que toutes les autres sécrétions internes se font au cours de la veille elle-même, c'est ce qu'on ne comprend pas. Il est évident que si le sommeil n'est pas utile *comme tel* à l'animal, il serait bien préférable pour lui que la neutralisation de ses toxines se fît au fur et à mesure de leur formation [1].

La théorie biologique que je viens de résumer, outre qu'elle rend compte de tous les faits — parmi lesquels il faudrait citer encore l'état mental du rêveur — a encore ce caractère, qui est le propre d'une bonne théorie, de suggérer des problèmes nouveaux. L'un de ces problèmes est celui de l'*origine phylogénétique* du sommeil. Quand et pourquoi le sommeil a-t-il apparu dans la race? J'ai essayé de montrer qu'on pouvait donner à cette question une solution — hypothétique, sans doute, mais rationnelle — en faisant dériver le sommeil de la fonction inhibitrice de défense qui joue un si grand rôle dans la lutte pour l'existence, chez les animaux.

Un autre problème est celui des relations entre le *sommeil hibernal* et le sommeil journalier. Notre conception biologique permet de faire dériver d'une façon très naturelle l'un de ces sommeils de l'autre.

Enfin, si l'on applique cette conception nouvelle à l'étude des *phénomènes hystériques,* on arrive à saisir en quoi ces phénomènes, sont semblables à ceux du sommeil, auxquels ils ont été souvent comparés. Il est inutile d'exposer ici ces considérations qui ont été développées dans mon *Esquisse.*

Je voudrais seulement, avant de terminer, appeler l'attention sur les travaux d'autres auteurs, qui ont proposé des théories analoques à la mienne, avant moi, ou simultanément,

[1] Je n'entre pas ici dans la question de savoir si la sécrétion pituitaire a oui ou non les propriétés physiologiques que lui attribue Salmon. Son opinion a été critiquée par GEMELLI *(Su l'ipofisi delle marmotte durante il letargo, C. R. del R. Istituto Lomb. di sc. e lett.,* 1906, et *Nuove osservazioni su l'ipofisi delle marmotte, Biologica,* I). Ce dernier auteur admet bien que la sécrétion pituitaire a une fonction antitoxique, mais ayant constaté que l'hypohyse s'atrophie pendant le sommeil hibernal, il est arrivé à penser que sa sécrétion ne s'exerce pas pendant cette période. Le sommeil hibernal étant de même nature que le sommeil journalier, on ne saurait donc admettre que cette sécrétion cause le sommeil.

et dont les travaux m'étaient inconnus lorque j'ai publié les miens.

Le Dr. W. Nicati a publié, en 1896, dans le « Marseille médical » un court article (12 p.) sur *Le Sommeil* où cet état est nettement considéré comme une fonction, comme une activité, comme un réflexe. L'auteur énumère les agents de « l'excitation soporifique » : c'est la position horizontale, l'occlusion des paupières, la fixation du regard, etc. Le réveil « est la victoire de l'impression sur la résistance du nuage d'interférence ». Ces vues, certainement nouvelles à l'époque où elles ont paru, sont malheureusement mal coordonnées entre elles; l'exposé manque de précision. La valeur biologique du sommeil, son pourquoi final n'est pas envisagé. La question n'a pas été traitée avec l'ampleur qu'elle mérite, et ces idées nouvelles, si justes soient-elles, ne sont pas soutenues par des arguments suffisants [1].

Les années 1902 et 1903 ont vu paraître, d'une façon tout à fait indépendante, en Italie et en Hollande trois travaux relatifs à une conception biologique du sommeil; ce sont ceux de Brunelli, de Gorter, et de Bonservizi.

J'ai heureusement pu avoir connaissance des publications de Brunelli au moment où je rédigeais mon *Esquisse,* et j'ai profité largement de ses suggestions si originales et si fécondes relatives à l'origine du sommeil hibernal et du sommeil quotidien, que cet auteur considère l'un et l'autre comme des phénomènes d'adaptation, comme des moyens de défense [2].

Le mémoire de Gorter [3] ne m'a été connu que l'an dernier, grâce à Brunelli, qui le cite. En voici la substance: Gorter critique les théories diverses du sommeil, en invoquant quelques-uns des arguments dont nous nous sommes servi plus haut. Ce qui a frappé surtout Gorter, c'est le parallélisme existant entre le sommeil et le coucher du soleil. Il explique

[1] V. aussi Nicati, *La psychologie naturelle,* Paris, 1898, p. 314-326.

[2] G. Brunelli - *Fisiogenia del Letargo nei Mammiferi. Riv. ital. di Sc. nat.,* 1902. — *Il letargo dei Mammiferi e il sonno dei Fakiri,* ibid. 1903. — *Sulla origine della letargia, Monit. zool. ital.,* 1906. — C'est dans le second de ces mémoires qu'il montre que le biologiste ne peut plus « appagarsi del sonno studiato entro l'angustia della cassa cranica ».

[3] Gorter (de Leyde) - *De oorzake van den slaap (The cause of sleep).* Versl. v. d. Koninkl. Akad. van Wetensh. te Amsterdam, XII, déc. 1903, p. 148-153.

cette corrélation par « la cessation ou le décroissement des stimuli de l'entourage ». « Les caractères particuliers du sommeil, le trouble des fonctions peuvent être expliqués d'une façon satisfaisante par la décroissance des stimuli occasionnée par le coucher du soleil. Beaucoup de fonctions de l'organisme vivant dépendent de la lumière solaire et lorsque celle-ci disparait, leur intensité diminue ou peut cesser complétement. L'assimilation des plantes, la recherche de la nourriture chez les animaux, la réception psychique des stimuli dépendent de la lumière solaire ». Chez l'homme, il est vrai, le sommeil ne survient pas au coucher du soleil, mais c'est que l'homme a trouvé, dit Gorter, des moyens d'éclairage artificiel.

Si intéressante et nouvelle que soit cette hypothèse, qui présente certainement des avantages sur les plus anciennes, elle est bien incomplète, je veux dire qu'elle n'explique que bien peu de choses. L'angle sous lequel l'auteur voit le sommeil est singuliérement étroit. C'est un simple ralentissement de fonction produit par la diminution de la lumière. Mais le sommeil n'a-t-il donc pas une action restauratrice? Comment l'expliquer avec cette manière de voir? Et pourquoi l'enfant dort-il plus que le vieillard? etc. On pourrait multiplier les points d'interrogation. La théorie de Gorter est à peine une théorie biologique.

La théorie de Bonservizi est infiniment plus complète et plus profonde. Elle a paru en une petite brochure de 19 pages, que son auteur m'a adressée il y a quelques mois [1]. Ce travail remarquable semble avoir passé complétement inaperçu, même dans son pays d'origine (il n'est cité ni par Brunelli, pourtant si bien informé; ni par Salmon, ni par Gemelli). Je suis tout particulièrement heureux d'avoir l'occasion d'attirer sur lui l'attention, et de pouvoir le faire dans cette Revue italienne.

Bonservizi, après avoir critiqué très vivement la théorie de l'intoxication, porte son attention sur le sommeil saisonnier des larves, des plantes, et des animaux hibernants. Il n'a pas de peine à reconnaître dans cette léthargie un moyen de défense contre les rigueurs de la température; chez les larves, par exemple, la conscience non seulement ne servirait à rien, mais serait même dangereuse; car l'inertie est favorable à leur transformation. — C'est dans cette constatation

[1] Dott. F. Bonservizi - *Sul Sonno.* Mantova, 1903.

relative au sommeil hibernal que Bonservizi aperçoit la solution de l'énigme du sommeil quotidien. « Si, dit-il, les faits nous montrent que le sommeil n'apparait chez beaucoup d'animaux et dans les plantes que pendant les périodes de leur existence dans lesquelles cette perte de la conscience est extrêmement utile à l'organisme, nous devons soupçonner que le sommeil journalier des animaux supérieurs est sujet à la même loi... » — Le sommeil quotidien a délivré l'homme primitif de la souffrance qu'il eût subie pendant la nuit, en proie à tous les dangers. Ceci donne la clef de l'étroite corrélation entre le sommeil et la nuit que Bonservizi, comme Gorter, cherche avant tout à expliquer. Quant à savoir pourquoi le sommeil est si impérieux — puisqu'il n'est d'aucune utilité pour l'organisme même, d'après notre auteur — c'est ce qu'explique l'hérédité, qui a enraciné ce besoin dans la race humaine. Et Bonservizi termine par cette déclaration : « On ne dort pas parce qu'on est fatigué, mais on dort toutes les fois que cette perte de la conscience est utile à l'organisme ».

Bonservizi est arrivé presque exactement à la conclusion à laquelle je suis parvenu de mon côté. Il est curieux de constater que j'ai suivi la voie exactement opposée à celle de mes distingués collègues italiens. Tandis que Brunelli et Bonservizi sont partis du sommeil hibernal, et, après en avoir donné la formule biologique, en ont déduit celle du sommeil quotidien, j'ai au contraire trouvé tout d'abord la signification du sommeil quotidien, et c'est par induction que j'ai passé à celle de la léthargie saisonnière. Si la diversité des voies suivies nous a conduits à un résultat analogue, cela déjà n'est-il pas un argument en faveur de la justesse de notre conception ?

Prise dans le détail cependant, la théorie de Bonservizi ne me parait pas exempte de critique. Mon collègue de Mantoue va trop loin lorsqu'il refuse absolument à la fatigue, aux déchets du travail organique, de jouer le moindre rôle dans le besoin du sommeil. Il ne faut pas « jeter l'enfant avec le bain », et, parce qu'on a reconnu que ce n'est pas l'épuisement qui cause le sommeil, refuser à ce facteur d'en être une des condition prédisposantes. Car il est certain que, si l'animal ne dort pas, il meurt. — De même, l'action restauratrice du sommeil n'est pas clairement concevable pour le lecteur du Dr Bonservizi.

La théorie biologique du sommeil n'a pas été jusqu'ici sérieusement critiquée. Au contraire, elle a rencontré de chauds partisans. Gemelli s'y est entièrement rallié. A. Pictet [1] a publié d'intéressantes observations montrant la nature active, positive, du sommeil tant hibernal que journalier des insectes et des larves. Tout récemment un médecin de Philadelphie, le Dr Camp, ayant rencontré un malade souffrant d'attaques de sommeil subites, mais ne présentant aucun autre symptôme pathologique, ni aucun signe d'auto-intoxication, déclare que l'étude de ce cas « l'amène par une autre route à la même conclusion que Ed. Claparède, à savoir que le sommeil n'est pas un état passif, mais une fonction positive, un instinct » [2].

Il me semble qu'on peut considérer comme étant désormais placé sur son vrai terrain et en grande partie résolu ce problème que naguère encore le physiologiste Hill (Lancet, 1890) considérait comme ressortissant à la métaphysique, et que le physiologiste Hermann tenait pour une énigme loin d'être déchiffrée.

Laboratoire de Psychologie, Genève.

EDOUARD CLAPARÈDE

[1] A. PICTET - *Observations sur le sommeil des insectes. Arch. de Psychol.*, III, 1904, p. 337.

[2] CAMP - *Morbid Sleepiness. Journ. of abnormal Psychology*, II, mai 1907, p. 19.

L'ÉCOLE ÉCONOMIQUE AUTRICHIENNE

I. Histoire de l'école. - Ses conceptions méthodologiques.

Il existe dans l'économique une école autrichienne dont l'œuvre, si elle est discutée par beaucoup, est tenue par beaucoup aussi pour considérable, et qui mérite, ne serait-ce qu'en raison des controverses qu'elle a suscitées, de l'influence qu'elle a exercée et qu'elle exerce encore, de retenir l'attention de ceux qui s'intéressent aux études économiques. C'est de cette école que je vais parler, me proposant surtout comme but de dégager — et d'apprécier — les conceptions qu'elle a eues de l'objet et de la méthode de l'économique.

I.

L'école autrichienne s'est formée par réaction contre l'historisme. Celui-ci avait envahi l'économique allemande vers le milieu du 19e siècle, et n'avait pas tardé à la dominer presque tout entière. Les raisons en sont multiples. La première sans doute et la plus importante est l'imperfection et l'insuffisance des théories classiques, révélées notamment par le désaccord très apparent des conclusions pratiques qui se déduisaient de ces théories avec les faits de l'expérience. On pouvait, il est vrai, chercher à corriger la doctrine classique en employant la même méthode qui avait servi à la constituer, en se plaçant au même point de vue; on préféra recourir à une méthode nouvelle, assigner à la recherche économique un objet nouveau; il devait en être ainsi en Allemagne, dans le pays par excellence du romantisme, où l'esprit historique s'était épanoui plus qu'en aucun autre pays et avait pénétré partout. Qu'on ajoute à cela le développement des

préoccupations nationales. List, dans son *Système national d'économie politique* (1841), avait invité ses compatriotes allemands à abandonner le cosmopolitisme économique des classiques pour s'attacher aux intérêts particuliers de leur pays, et son ouvrage avait obtenu le succès le plus grand, parce qu'il traduisait, dans le domaine spécial de l'économique, les vives aspirations de l'Allemagne. Mais l'orientation qu'il donnait aux études économiques devait naturellement conduire les économistes à considérer, dans les faits économiques, bien plutôt ce qui constitue leur diversité que ce qu'ils offrent d'universel, à s'attacher aux formes variables que les phénomènes économiques revêtent selon les temps et selon les pays plutôt qu'au fond permanent qu'on retrouve toujours en eux.

Pour ces raisons, l'historisme, vers 1870, régnait dans l'économique allemande, avec pour représentants principaux des hommes comme Hildebrand, Knies, Roscher, Schmoller. Les chefs de l'école historique ne prétendaient pas que les économistes se limitassent à faire oeuvre d'historiens; et certains d'entre eux, Knies notamment, ont produit des travaux qui ont un caractère « théorique » très prononcé. C'était cependant de recherches historiques — en prenant ce mot dans son sens le plus large — qu'ils étaient surtout occupés; c'était vers les recherches historiques qu'ils dirigeaient leurs élèves. Ils donnaient à croire par là que l'économique n'avait pas d'autre tâche que de raconter, de décrire et de dénombrer.

L'école autrichienne s'est constituée à ce moment. Elle est née de l'enseignement de deux hommes, Emil Sax et Carl Menger, et le premier ouvrage important où ses tendances et ses conceptions s'affirmèrent fut le livre de Menger, *Grundsätze der Volkswirtschaftslehre,* paru en 1871. Dans cet ouvrage on trouvait exposée cette théorie de la valeur fondée sur l'utilité-limite dont j'aurai à reparler bientôt, et qui est la base même de l'économique autrichienne.

Autour de Sax et de Menger, d'autres économistes, leurs élèves, se groupèrent: Wieser, Böhm-Bawerk, Zuckerhandl, Komorzynski, etc. Et ce fut dans la décade 1880-1890 que l'école manifesta la plus grande activité. C'est en 1883 que Menger fait paraître ses *Untersuchungen über die Methode der Socialwissenschaften,* en 1885 que paraît *Das Wesen und die*

Aufgabe der Nationalökonomie, de Sax. Le même Sax publie en 1887 sa *Grundlegung der theoretischen Staatswirthschaft.* Les deux livres de Wieser sur la valeur paraissent en 1884 et 1889; dans les mêmes années, les deux parties — la partie historique et critique, la partie dogmatique — de l'ouvrage célèbre de Böhm-Bawerk sur le capital et l'intérêt.

La décade 1880-1890 passée, la production de l'école autrichienne se fait moins abondante. C'est en 1892 sans doute que sera créée la *Zeitschrift für Volkswirtschaft, Socialpolitik und Verwaltung.* Mais si l'on trouve dans cette revue quelques travaux vraiment originaux, comme celui de Sax sur l'impôt progressif, elle servira sourtout à défendre contre les écoles adverses, contre les critiques de toutes sortes, les ouvrages antérieurement publiés par ses rédacteurs. Et aucun ouvrage important ne viendra s'ajouter à ceux que j'ai dits [1].

Aujourd'hui, il est permis de considérer l'activité de l'école autrichienne comme à peu près épuisée. Le moment

[1] Il convient d'indiquer, parmi les travaux dus à l'école autrichienne, ceux qui sont les meilleurs ou le plus caractéristiques. Les voici, classés par auteurs.

MENGER - *Grundsätze der Volkswirtschaftslehre* (1871); *Untersuchungen über die Methode der Socialwissenschaften und der politischen Oekonomie insbesondere* (1883); *Die Irrthümer des Historismus* (1884); article *Geld*, dans le *Handwörterbuch der Staatswissenschaften* de CONRAD (1892);

SAX - *Die Wohnungszustände der arbeitenden Klassen* (1869); *Die Verkehrsmittel in Volks- und Staatswirtschaft* (1878-79), résumé dans le *Handbuch der politischen Oekonomie* de SCHÖNBERG, 1ère partie, sous le titre *Transport- und Kommunikationswesen; Das Wesen und die Aufgabe der Nationalökonomie* (1885); *Grundlegung der theoretischen Staatswirtschaft* (1887); *Die Progressivsteuer* (dans la *Zeitschrift für Volkswirtschaft*, 1892);

WIESER - *Ueber den Ursprung und die Hauptgesetze des wirtschaftlichen Werthes* (1884); *Der natürliche Werth* (1889);

BÖHM-BAWERK - *Rechte und Verhältnisse vom Standpunkte der volkswirtschaftlichen Güterlehre* (1881); *Grundzüge der Theorie des wirtschaftlichen Güterwerths* (dans les *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 1886); *Kapital und Kapitalzins*, I. *Geschichte und Kritik der Kapitalzinstheorien* (1884), II. *Positive Theorie des Kapitales* (1889); *Ueber den letzten Massstab des Güterwerthes* (dans la *Zeitschrift für Volkswirtschaft*, 1894); *Zum Abschluss des Marxschen Systems* (dans les *Festgaben für Karl Knies*, 1896); *Einige strittige Fragen der Capitalstheorie* (1900);

ZUCHERHANDL - *Zur Theorie des Preises* (1889);

KOMORZYNSKI - *Der Werth in der isolierten Wirtschaft* (1889).

Mentionnons encore les travaux de GROSS, MATAJA, MEYER, SCHULLERN et PHILIPPOVICH.

est donc venu de jeter un coup d'œil d'ensemble sur son oeuvre, pour la comprendre et pour la juger.

II.

Les économistes autrichiens ont voulu, tout d'abord, revendiquer les droits de la science économique, ils ont affirmé que cette science existe, et doit être cultivée.

Comme nous l'avons vu, l'école historique mettait au premier plan les travaux descriptifs et statistiques; elle assignait comme tâche principale à l' économique d'observer la diversité, qualitative d'une part, quantitative de l'autre, des phénomènes, de reconnaître les types différents que les phénomènes présentent, et de soumettre ces phénomènes à la mesure. Puis de cette étude les économistes historiens passaient, parfois sans transition, et toujours trop rapidement, à l'étude des questions pratiques.

Les économistes autrichiens n'ont jamais songé à nier l'utilité de l'observation des faits, passés ou présents; et ils n'ont jamais songé non plus à nier l'importance des questions pratiques. Mais pour ce qui est de ces questions, c'est de l'*art* économique qu'elle relèvent; et quant à l'observation des faits, elle ne saurait en aucune façon suffire à constituer la science économique. Il n'y a de science que du général: c'est un point suffisamment établi depuis Socrate, Platon et Aristote. Si donc il doit exister une science économique, cette science devra consister non pas en une réunion de faits, mais en un *ensemble,* et si possible en un *système* de *lois.*

Sur le sens du mot loi, il importe d'éviter qu'aucune équivoque puisse naître. Certains partisans de l'historisme ont prétendu que l'étude historique des faits nous permettait d'atteindre, nous donnait immédiatement des lois. Ce qu'ils désignent ici par ce mot — on se sert également de l'expression *lois de développement* —, ce sont ces schèmes qui résument les transformations successives de tel ou tel ordre de phénomènes, ce sont les courbes qui figurent certaines évolutions. Mais quand on emploie le mot loi de la sorte, on le détourne de sa signification véritable. La courbe qui représente l'évolution de tels ou tels faits concrets, par conséquent particuliers, appartient encore à la catégorie du particulier. Et le propre d'une loi, c'est d'être générale.

La science économique cherchera à découvrir des lois — lans le sens vrai de l'expression —, c'est-à-dire des relations onstantes entre les phénomènes. Ceci, toutefois, ne précise as encore assez son objet. Il y a, en effet, deux sortes de ois: les lois « empiriques », et celles que Menger appelle exactes » [1]. Les lois empiriques expriment simplement des uccessions dont on a constaté, par une série d'observations lus ou moins longue, la régularité. A-t-on observé, par xemple, que l'accroissement de la demande, sur les marchés, tait suivie d'une hausse des prix, on dira que l'accroissement de la demande fait monter les prix; et ce sera une loi mpirique. Une loi exacte est quelque chose d'autre. Ce qui ı distingue, c'est que, indiquant l'action d'un facteur économique, elle suppose réalisées de certaines conditions. Elle ne lit pas: tel phénomène produit tel autre phénomène; elle it: telles conditions étant données, le phénomène A produira le phénomène B.

Les lois exactes, en somme, opèrent dans la complexité lu réel une dissociation que les lois empiriques n'opèrent oint; ou plutôt, tandis que les lois empiriques, dissociant es éléments du réel, n'indiquent pas que cette dissociation mplique une abstraction, qu'elle est en un sens arbitraire, es lois exactes l'indiquent nettement. Les lois exactes, à la lifférence des lois empiriques, se présentent comme des véités *hypothétiques*. Mais si bizarre que cela puisse paraître u premier abord, leur caractère hypothétique fait leur certiude. La loi empirique n'est point certaine: elle peut ne pas orrespondre à une véritable relation de causalité; et même i elle exprime une relation causale, elle peut se trouver démentie par les faits; car l'action d'une cause est subordonnée ouvent à la réalisation de certaines conditions, et elle peut tre contrariée par l'action d'autres causes. La loi exacte, en evanche, est certaine, puisqu'elle définit les conditions dans esquelles le rapport de succession qu'elle énonce se vérifiera.

Pour arriver à déterminer ces lois exactes qui constitueont la science économique, quelle méthode y aura-t-il lieu l'employer? Une méthode à la fois inductive et déductive.

L'induction a un rôle à jouer dans l'édification de la cience économique. C'est là un point que nul ne saurait

[1] Cf. les *Untersuchungen*, pp. 32 sqq., 55 sqq.

contester. L'économique, comme science, ne s'occupe pas du possible, mais du réel; elle n'étudie pas des idées créées par l'esprit, ou que l'esprit tout au moins peut créer sans le secours de l'expérience; elle étudie des phénomènes que l'expérience nous présente, et que nous ne pouvons connaître que par elle. Voulant expliquer ces phénomènes, elle est contrainte d'en faire le point de départ de son investigation, de s'appuyer sur eux pour atteindre les premières tout au moins de ses lois.

L'induction est donc, nécessairement, la première des opérations par lesquelles on construira la science économique. Mais tout d'abord cette induction ne sera pas celle que préconisent certains économistes partisans, comme l'on dit, de la méthode inductive. Ces économistes, quand ils parlent de l'induction économique, veulent parler exclusivement de ces inférences qui se basent sur les faits complexes, et plus particulièrement encore ils pensent aux inférences qui se basent sur les faits de masse — on me permettra cette expression — indiqués par les statistiques. Les inductions de l'école autrichienne, elles, portent sur des faits *élémentaires*, sur ces faits très simples que l'observation externe la plus familière, ou même l'observation interne nous montre.

Par l'induction ainsi comprise, on arrivera à déterminer un petit nombre de vérités, élémentaires comme les faits particuliers dont elles sont la généralisation: ce seront les propositions fondamentales de la science économique — qui au reste pourront ne pas être encore des propositions proprement économiques, mais bien appartenir à telle discipline distincte de l'économique, à la psychologie notamment ou à la technologie —. Il appartiendra alors à la déduction d'utiliser ces propositions fondamentales; en les rapprochant les unes des autres, on se mettra à même d'obtenir des conclusions qui étendront notre connaissance; et l'on pourra enchaîner toute une longue suite de raisonnements déductifs, comme on fait dans d'autres sciences qui elles aussi sont tout d'abord et essentiellement inductives, dans la mécanique par exemple on dans la physique.

Jusqu'ici, dans ces conceptions de l'école autrichienne que j'ai exposées, rien n'est apparu qui appartînt en propre à cette école. Les idées exprimées ci-dessus sont celles qu'ont professées, ou qu'ont mises en pratique du moins les grands

économistes classiques. Ce qui est particulier aux économistes autrichiens, c'est l'importance qu'ils ont donnée, dans la science économique, aux éléments psychologiques.

L'économique n'a point ses bases exclusivement dans la psychologie: l'activité économique des hommes, en effet, est conditionnée par des facteurs d'ordre « naturel »; elle est conditionnée aussi par nos connaissances techniques et par les institutions juridiques. Mais le principe de cette activité est tout psychologique, il se trouve en nous-mêmes, dans nos besoins que nous cherchons à satisfaire, dans le désir que nous avons d'assurer notre subsistance, de nous procurer et de procurer aux nôtres le plus de bien-être possible — pour ne parler que des mobiles les plus considérables —. C'est donc l'étude psychologique des « sujets économiques » qui plus que toute autre chose nous aidera à comprendre, nous mettra à même d'expliquer les phénomènes dont l'économique a à s'occuper. Cette étude, nous ajouterons, portera sur des faits psychologiques qui, d'une manière générale, sont parfaitement conscients. L'homme, en tant qu'être économique, n'obéit pas, sauf exceptions, à des impulsions irréfléchies; il mesure au contraire, il compare, il calcule; les actes qu'il accomplit, il les accomplit parce qu'ils lui ont paru avantageux; dans aucune, peut-être, des manifestations diverses de son activité l'homme n'est, autant que dans son activité économique, guidé par la raison.

On dira, peut-être, qu'il est des processus économiques qui se présentent comme « organiques ». Tel serait, par exemple, le processus de l'introduction de la monnaie comme intermédiaire des échanges [1]. Comment l'emploi de cet intermédiaire s'est-il introduit? Ce n'est point par une résolution que les membres d'une société auraient prise un jour de concert, ou par une décision de quelque autorité. Non seulement l'histoire ne nous apprend pas que rien de pareil ait eu lieu jamais, mais il y a une impossibilité à peu près complète que les choses se soient passées de la sorte. Dans la réalité, certaines sortes de biens, après avoir figuré longtemps dans des échanges parce qu'on les désirait pour eux-mêmes, sont devenus, en raison de qualités spéciales qu'ils possédaient, des moyens de paiement; et cette fonction nouvelle — fonction toute de

[1] Voir MENGER, *Untersuchungen*, pp. 143 sqq.

relation — a pris le pas, si l'on peut ainsi dire, sur ces usages qui conféraient aux biens en question une utilité *intrinsèque*. Mais cette évolution que je viens d'esquisser s'est faite sans que les gens qui y ont été mêlés l'aient voulue, sans qu'ils s'en soient aperçus.

Ainsi raisonne-t-on; et dans ce raisonnement il y a sans doute quelque chose de vrai. Il reste toutefois que l'on doit pouvoir, et que l'on peut en effet expliquer l'origine de la monnaie par des actions conscientes et réfléchies des hommes. Les gens n'ont tout d'abord échangé les biens qu'ils possédaient que contre des biens ayant pour eux une utilité intrinsèque. Plus tard il leur est arrivé d'échanger des biens contre d'autres biens dont ils n'avaient point personnellement besoin, mais qu'ils savaient être généralement désirés, et avec lesquels ils étaient assurés, en conséquence, de pouvoir acquérir par la suite des biens d'une utilité intrinsèque. Ils ne se sont pas rendu compte, ce faisant, qu'ils contribuaient à créer une espèce nouvelle de biens, très différente à plusieurs égards des autres: la monnaie. Qu'importe? Il n'en est pas moins vrai que l'origine de la monnaie peut être expliquée psychologiquement, et que ce processus « organique » dont on parle apparaît lui aussi, quand on l'analyse de cette manière, comme étant en un sens un processus « mécanique » — entendons qu'il n'offre rien de mystérieux, mais qu'il est au contraire parfaitement intelligible —.

Au psychologisme de l'école autrichienne, on reproche le caractère *subjectif* des explications qu'il donnera pour les faits économiques. Et contre les explications subjetives il existe une prévention très répandue. On veut que la science soit autant que possible objective. Abstenons-nous de rechercher si dans l'emploi que l'on fait ici des mots subjectif et objectif des confusions ne seraient pas impliquées. Acceptons ces mots, servons-nous en nous-mêmes. Ce qu'il suffira de montrer, c'est que dans la sociologie, et dans l'économique en particulier, l'explication « subjective » des phénomènes est la plus scientifique, qu'elle est supérieure à l'autre [1].

L'explication subjective est supérieure à l'explication objective. On constate, par exemple, que les suicides sont plus

[1] Voir là-dessus Böhm-Bawerk, *Zum Abschluss des Marxschen Systems (Festgaben für Karl Knies*, pp. 199 sqq.).

nombreux dans le mois de juillet et dans le mois de novembre que dans les autres mois. Mais les gens qui attendent, pour se tuer, le mois de juillet, ne choisissent pas ce mois parce-qu'il est le mois de juillet, ni même parce qu'il est le mois le plus chaud. Il sera vrai de dire que le nombre des suicides augmente quand il fait très chaud, que la grande chaleur provoque des suicides. Mais parler ainsi, ce ne sera pas expliquer complètement la constatation que cette formule énonce. Cette formule unit deux termes qui dans la réalité ne se présentent pas comme unis immédiatement l'un à l'autre. Elle néglige les intermédiaires qui existent entre ces deux termes. On n'aura une explication de tous points satisfaisante que si l'on développe toute la chaîne des causes et des effets; et il conviendra, notamment, de rattacher les fait à expliquer aux faits d'ordre psychologique qui sont leurs causes immédiates.

L'explication objective est moins complète, elle est plus pauvre, si l'on veut ainsi parler, que l'autre; par suite elle est moins sûre. Quand on ne prend pas la peine de reconnaître tout l'enchaînement des causes et des effets, quand on prétend rattacher un fait sociologique, non pas aux faits psychologiques qui sont ses antécédents immédiats, qui lui ont donné naissance, mais à des faits objectifs, on aura par là des lois que l'expérience, souvent, ne vérifiera pas: car lorsqu'on met en rapport deux termes que des intermédiaires plus ou moins nombreux séparent, les chances sont grandes que des causes contraires empêchent le rapport des deux termes en question de se manifester. Et ce n'est pas tout: on court le risque, à procéder ainsi, de voir des relations causales là où il n'y en a pas.

Prenons des exemples d'explications objectives des phénomènes économiques. Nous en trouverons, en particulier, dans les théories de la valeur.

Il y a une théorie de la valeur qui fait dépendre celle-ci de l'offre et de la demande, de leurs variations et de leur rapport. Cette théorie se fonde sur l'observation; c'est par la méthode inductive qu'on y est arrivé. Mais quand il serait vrai que la valeur des marchandises dépendît de l'offre et de la demande, qui ne voit que cette explication demeure superficielle, et qu'on ne saurait s'en contenter? On nous dit que si l'offre s'accroît, la valeur baissera. Pourquoi en est-il

ainsi? Cette loi, par elle-même, n'est point intelligible. Et j'ajouterai que, donnant des faits une vue toute superficielle, elle en donne, par cela même, une vue très vague; elle ne nous montre aucunement comment se déterminera quantitativement cette baisse de la valeur qui correspondra à tel accroissement de l'offre.

Voici une autre théorie de la valeur: la théorie marxiste, qui veut que la valeur naisse du travail incorporé dans les marchandises et se mesure par la quantité de ce travail. A la différence de la précédente, cette théorie n'est point le résultat d'une induction; elle se fonde sur des raisonnements « dialectiques ». Marx la démontre en représentant que les marchandises n'ont qu'une qualité qui leur soit commune, à savoir celle d'avoir coûté du travail, que seule du moins, parmi les qualités qu'elles ont en commun, celle-là peut servir à régler les échanges. Mais Marx ne nous fait pas voir comment ce principe s'établira, que les marchandises s'échangeront les unes contre les autres en raison du travail qu'elles auront coûté à créer. D'ailleurs, non seulement sa théorie est insuffisamment explicative, mais elle est fausse; et Marx la détruira lui-même en introduisant dans sa doctrine, comme facteur des prix, la concurrence, laquelle n'a rien de commun avec le principe indiqué ci-dessus, et ne saurait se combiner avec lui.

Ainsi la prévention qui existe contre les explications subjectives n'est qu'un préjugé, dans le sens vulgaire du mot. Tout au contraire de ce que l'on croit communément, ce sont ces explications que la science économique doit chercher. Les phénomènes économiques sont la manifestation ou le résultat d'une activité consciente des hommes: on ne les comprendra vraiment que si on les rattache aux causes psychologiques dont ils procèdent.

Je viens d'exposer les idées des économistes autrichiens sur l'objet et sur la méthode de l'économique. Il me reste, maintenant, à parler des théories que ces économistes ont produites, et à apprécier dans son ensemble l'œuvre de l'école qu'ils constituent.

École des Hautes Études, Paris.

ADOLPHE LANDRY

L'ORIGINE DELLE CITTÀ

NEL MEDIO EVO.

1. I Consumatori.

Chi voglia ben comprendere la genesi della città medievale deve prima di tutto riconoscere, che queste città, nella loro grande maggioranza — e certamente tutte quelle importanti — sono state, durante il primo secolo della loro esistenza, quasi esclusivamente città di consumo. Così che l'afferrarne la genesi sta nel vedere come potesse svilupparsi una città di consumo nelle condizioni offerte dall'età di mezzo.

Io chiamo città di consumo quella città, che non ha bisogno di pagare con la propria produzione i suoi mezzi di sussistenza (e appunto quelli che essa ritrae dall'esterno, ossia il sopraprodotto del lavoro rurale). Essa si procura piuttosto questi mezzi di sussistenza in base a qualche titolo di diritto (imposte, rendite, o simili), senza dover fornire dei controvalori. E dicendo « — essa — si procura », noi intendiamo parlare di « un certo numero di persone », le quali diventano perciò i fondatori di questa città. Pertanto la caratteristica particolare di una città di consumo risiede in ciò, che suoi fondatori sono quei consumatori, mentre suoi fornitori sono tutti coloro che lavorano appunto per i consumatori e con ciò portano un contributo al fondo di consumo della città. I consumatori sono dunque i fondatori primitivi e originari delle città; mentre i produttori ne sono i derivati secondari (terziari, ecc.). I consumatori rappresentano in questo caso gli indipendenti, persone cioè che hanno una forza di vita propria; mentre i produttori sono i dipendenti, e la loro possibilità di esistenza è determinata dalla grandezza della partecipazione, che la classe dei consumatori accorderà loro al proprio fondo di consumo. (La parola « dipendenza » va rettamente intesa:

naturalmente in ogni società ognuno in fondo dipende da tutti, se si significa con questo che nessuno può fare a meno degli altri, senza perdere della sua capacità vitale).

Perchè dunque sorgano delle città di consumo, è necessario prima di tutto, che si raccolga in un luogo un grosso fondo di consumo, il quale venga ivi speso. Il fondo di consumo può essere messo insieme da uno, o da pochi importanti consumatori, o da un numero maggiore di mediocri o di piccoli: un re può fondare una città tanto bene come mille generali in pensione! Ma chi erano questi consumatori nel Medio Evo? Essi erano in sostanza i signori della terra e i proprietari fondiari; ora bisogna osservare che il limite di distinzione fra signore della terra e padrone del suolo, nel senso qui usato, era elastico: il principe che levava delle imposte era nello stesso tempo grande proprietario del suolo, e quindi dai propri fondi traeva parimenti delle entrate, che avevano le caratteristiche di rendite fondiarie. Non si era ancora introdotta una netta distinzione fra beni della corona e possedimenti della città.

Ora nel medio evo vediamo sorgere un primo gruppo di importanti città, come residenze di príncipi temporali o spirituali. Sono quelle nelle quali il signore del suolo, che generalmente costituisce la prima cellula della città medievale (ma, badiamo, non nel senso del diritto costituzionale! io spero di aver infine chiarito almeno questo, che, finchè non si osservi niente di particolare, io concepisco la mia idea economicamente. Mi si lasci ora dunque un poco in pace; e finiamola con l'insopportabile canzone della « teoria del diritto di corte ») il signore del suolo, dicevamo, che forma generalmente la prima cellula della città medievale, assurge all'importanza maggiore di principe, di signore della terra, nel senso che accresce l'entrata delle sue rendite fondiarie, col contributo delle imposte. Questo processo è lento, e, in conformità, altrettanto lenta e graduale consegue in questi casi la formazione delle città.

Le città di cui qui si tratta, sono dunque le residenze dei vescovi [1] e degli arcivescovi, dei conti, dei baroni, dei marchesi, dei duchi, dei re.

[1] L'espressione « Città vescovile » ha un doppio significato. Essa può intendersi in senso giuridico-costituzionale, o in senso materiale, come qui.

L'autorità temporale e la ecclesiastica risiedono molto equentemente in una medesima città, la quale ne subisce doppio incremento. Così le città vescovili dell'Italia settrionale erano insieme sedi dei duchi dei Longobardi, e ì tardi dei conti Francesi. Tali Vicenza, Verona, Brescia, rgamo, Milano, Pavia, Parma, Piacenza, Modena, Mantova, rino [1] e altre. Similmente in Germania le « Civitates » del mpo dei Carolingi furono anche sedi del Gaugravio (giuce regionale) e del giudizio di contea [2].

È noto che le « città palatine » in Germania furono anche li vescovili, come naturalmente lo furono del pari le grandi tà dell'Inghilterra e della Francia. In Amburgo, per es., iedevano nel secolo XI l'arcivescovo e il duca di Sassonia [3]; Amsterdam il vescovo e i signori dell'Amstel [4]; in Ypres vescovo e i grandi di Fiandra [5], ecc.

Abbastanza spesso, (e anzi là, dove ciò era possibile, cioè l campo dell'antica civiltà, si può dire *di regola*), le resinze dei príncipi medievali si trovavano nel dominio delle tà già abitate dai Romani. Di qui si è voluto trarre la nclusione, che l'importanza delle città medievali fosse stata terminata in qualche modo dal loro passato nell'epoca mana. Esse sarebbero diventate di nuovo « sedi della vita rica » perchè lo erano già state una volta. Questo naturalente è falso. Le città romane avevano da lungo tempo perta la loro importanza come città, allorchè nel Medio Evo

ora la storia delle città parlava di città vescovili solo nel primo senso, lal punto di vista della storia costituzionale delle città si ha ragione fare così. Ma, per la genesi della città, è affatto indifferente se il vescovo mai signore della città, o no. Firenze, dal punto di vista storico è emintemente « città vescovile », poichè fu per eccellenza il vescovo che alzò Firenze a potenza e ragguardevolezza, a città grande e ricca. Eppure enze non fu mai generalmente una « immunità ». La sua costituzione enne subito da feudale, comunale. - V. DAVIDSOHN, *Gesch. von Floz*, 1-336.

[1] H. PABST - *Geschichte des Longobardischen Herzogtums*, nelle *Forungen zur deutschen Geschichte*, (1862), IX-437 e s. — BETHMANN-HOLLWEG, *sprung der lombardischen Städtefreiheit*, (1846), pag. 66, 77 e segg.

[2] RIETSCHEL - *Civitas*, 94.

[3] « Basilica eadem ex una parte habuit domum episcopi, ex alia praeium ducis » ADAM BREM 2, 68, cit. da Maurer 1, 63.

[4] F. TEZ GONER - *Geschiedenes van Amsterdam*, 1, (1879), 43 segg. — ESBRECHT III: « Herrn Komt regt erstitet sac. Stichter van Amsterdam ».

[5] A. VANDERPAEREBOOM - *Ypriana*, 3, (1880), 94 segg.

una nuova vita cittadina si sviluppò spesso nei medesimi luoghi. Specialmente nelle regioni coloniali romane, le città non erano state altro che guarnigioni e residenze dei governatori; nel momento stesso in cui legioni e governatori si ritiravano, le città cadevano insieme nel nulla. Niente collega intimamente l'essenza delle città romane e quella delle medievali; a meno che non si tratti di quella frase senza senso circa « il commercio e il traffico » che nel Medioevo si sarebbero in esse « rifugiati ».

Del resto il fatto che in apparenza anche nel medioevo delle città siano fiorite nei medesimi luoghi dove erano sorte le città della dominazione romana, ha il suo fondamento in due circostanze reali:

1. che la chiesa prescriveva che i vescovadi sorgessero nelle « città » *(Civitates)*;

2. che le rovine, ossia gli avanzi di mura, offrivano un lavoro preparatorio per quella fortificazione, che, come è noto, costituiva la mira principale nella « fondazione » di una città. Quindi esse venivano sopratutto prese in considerazione come fortezze, delle quali appunto dovremo fra poco intrattenerci.

Noi potremo quindi misurare (per quanto in massima lo si possa fare nei casi singoli), quanto grande sia l'importanza della residenza, per lo sviluppo della città medievale, imparando a conoscere quali fossero i fornitori di quelle città, che ritraevano il loro mantenimento dai redditi dei principali residenti. Qui tuttavia noi vorremmo già richiamare l'attenzione su due sintomi, dai quali si può conchiudere sulla importanza preponderante delle residenze principesche per lo sviluppo delle città medievali.

Primo di tutto su questo: che le città più fiorenti soffrivano un forte danno, se, p. es., veniva da esse trasferita la sede vescovile [1]. Secondariamente sull'importante dato di fatto, che la grandezza e la ricchezza delle città spesso stava in una certa relazione con la potenza e la sfera di dominio dei príncipi in esse residenti.

In altre parole: le città medievali sono tanto più grandi, quanto maggiore (e naturalmente più ricco) è il territorio, del quale esse sono « città capitali ». Dove noi avremo da prima osservato tendenze accentrative dei príncipi del paese, trove-

[1] V. p. es. FLACH - *Origines*, 2, 329.

remo pure prima città di maggiore estensione. Dove in genere durante il Medio Evo non si arriva a grandi « imperi » e a « capitali di imperi », non esistono neppure città molto grandi.

Perciò noi vediamo svilupparsi le « grandi città » prima nell'Italia Meridionale (Palermo, Napoli), che nell'Italia Settentrionale; prima in Austria (Vienna), che in Germania [1]; prima in Francia (Parigi) e in Inghilterra (Londra), che nelle Fiandre o nel Brabante.

Questo non farà meraviglia a nessuno, che abbia pensato almeno una volta quali importanti entrate ritraevano già nel primo medio evo, per esempio, i re francesi e inglesi. Le rendite del re d'Inghilterra dovevano ammontare già sotto Enrico I (ossia al principio del secolo XII a 66.000 L., ossia circa 5.850.000 Mk in valuta odierna [2]. Ma le stesse entrate dei príncipi dell'alta e bassa Austria residenti in Vienna nel secolo XIII ammontavano a 35.000 pfennige viennesi, ossia circa 1.000.000 di marchi in valuta odierna [3]. Se si consideri, che il movimento commerciale di una importante città anseatica ammontava nell'alto Medio Evo da 1 fino a 3 milioni di marchi in valuta odierna, si calcoli pure questo intero ammontare per il commercio esterno e si prenda un profitto medio (molto alto) del 20 % sul movimento delle transazioni, l'intero profitto, che ci rappresenta il fondo dal quale poteva venir nutrita la popolazione di una città, sarebbe di circa 200.000 a 600.000 marchi in valuta odierna. Possiamo dunque affermare che il solo re d'Inghilterra nell'anno 1100 dava sostentamento con la sua rendita a un numero di uomini 10 e perfino 20 volte maggiore che non il commercio di Lubecca o di Revel nel secolo XIV.

[1] Questa aveva preso un magnifico slancio a diventare « grande città ». Io non dubito un momento che nell'anno 800 Aquisgrana era la più grande città europea. Se noi valutiamo anche minimamente il numero delle farfalle più o meno effimere che svolazzavano intorno al sole di Carlo, dovremo pure ammettere un paio di « abitanti » del « Palazzo ». L'impressione più chiara della grandezza d'Aquisgrana nel tempo dei Carolingi, la si riceve dall'esposizione di F. Dahn (*Könige der Germanen* VIII 6 (1900) 109 segg.), dove è stato utilizzato tutto quanto il materiale, che noi possediamo.

[2] W. Stubbs - *Constitutional History*, 5, 415.

[3] V. *Die landesfürstlichen Urbare Nieder-und Oberösterreichs aus dem 13. und 14. Jahrhundert* (I catasti principeschi dell'alta e bassa Austria del XIII e XIV secolo), editi da Alf. Dopoch (Oesterr. Urbare I, 1904, p. 66, XXI).

Nella città medievale accanto a questi consumatori sovrani si trova poi una quantità di persone che fruiscono insieme di rendite piccole e medie del suolo, che possono di nuovo formare un ragguardevole fondo di consumo. Intendiamo da prima accennare a tutte le *chiese* e i *conventi*, che, come si sa, disponevano in parte di rendite molto importanti. Se ora si cominciasse a scrivere la storia della città medievale, bisognerebbe cercare di scoprire l'importo di questi redditi. Cito in via d'esempio: il capitolo di S. Tommaso e quello di S. Pietro in Strasburgo avevano (nel XV secolo) un entrata complessiva di 2374 L. ossia 33.000 marchi in cifra tonda nella valuta odierna [1]. Nell'anno 1487 a Colonia nella parrocchia di Santa Colomba le fondazioni religiose (chiese parrocchiali, capitoli, monasteri) possedevano 159 case d'affitto, che davano un importo totale di affitti di Mk 2830 $^1/_5$ [2], (un quarto di tutti gli affitti nella parrocchia). La decima, che le chiese di Colonia dovevano pagare nel secolo XIV ascendeva a circa 300 Mk., quindi le loro rendite a circa 3000 Mk., ossia circa 150.000 Mk. in valuta odierna [3]. Ma quando anche si dovesse tener poco conto di questo, l'importanza delle chiese e dei conventi nella creazione di una città, si manifestava specialmente forte in quel tempo in cui essi si rifugiavano nei luoghi murati [4], principalmente per porre al sicuro dai saccheggi nemici il culto e le reliquie dei santi. Perciò gli istituti sacri operarono d'un tratto come forza agglomerante [5];

[1] WILH. KOTHE - *Kirchliche Zustände Strassburgs im 14. Jahrhundert*, 1903, p. 2.

[2] JOS. GREVING - *Wohnungen und Besitzsverhältnisse* etc. negli *Annalen des histor. Vereins für den Niederrhein*, 70, 24 e segg.

[3] Dal « Liber valoris etc. Col. » edito da ANT. JOS. BINTERUM e JOS. HUB. MOOSEN, *Die alte und neue Erzdiöcese Köln* I Teil, 1828, p. 51 e segg. « Über die Verhältnisse in Hildesheim unterrichtet (schlecht!) ». H. A. LUNTZEL. *Geschichte der Diöcese und Stadt*, I., 1858, 288, pagg. 2, 23 segg.

[4] « Les récits abondent dans les croniques de moines fuyant devant les invasions normandes, magyares ou sarrazines et transportant les corps saints dans les villes fortifiées ». V. FLACH, *Origines*, 2, 331. Le città medioevali dovevano letteralmente formicolare di chiese e monasteri. In Firenze alla fine del secolo XII suonavano più di 80 campanili. DAVIDSOHN, *Gesch.*, 722. Nel XIII secolo anche in Parigi sono elencati i nomi di 96 chiese e chiostri (nel ruolo delle imposte del 1292). V. raccolta dell'editore H. GERART nel *Coll. des docum. ined.*, 8 vol., 1837, p. 624-626.

[5] È dubbio quale significato abbiano avuto per lo sviluppo delle città i *pellegrinaggi* per il trasporto di reliquie. In ogni caso essi contribuivano

e questo in quel tempo nel quale agivano nello stesso senso anche altre circostanze da esaminarsi più accuratamente, onde, fra l'altro, questo momento (del X e XI secolo) rimase caratterizzato sopratutto come periodo di « fondazioni di città ». Ora a coloro che godono di certe rendite, perchè investiti di autorità spirituale, si aggiungono quelli che fruiscono di rendite per privilegi temporali. Ma prima vogliamo menzionare, almeno di passata, una categoria abbastanza originale di fondatori di città, i quali pure per alcune (Bologna, Parigi) non sono stati senza importanza; intendo dire gli *scolari* [1] e gli *studenti* [2] che traevano dall'esterno il loro mantenimento. Essi mantenevano certamente di loro propria tasca se stessi e inoltre più di un *caupo* e di una *puella*.

Non v'ha alcuna divergenza di opinione sul fatto che le città del medio evo, specialmente nei primi secoli della loro esistenza, siano state abitate da molti signori del territorio, ossia da persone che vivevano in una corte, in una casa fortificata, in un castello, in una torre, nell'interno della città murata e possedevano fuori dei fondi, che essi o facevano coltivare da contadini del luogo in regía propria, o avevano affittati a qualcuno dal quale prelevavano il fitto. Noi ci dobbiamo qui occupare soltanto del sorgere di questo fenomeno; mentre sorpassiamo sulla quistione, quale fosse l'origine del possesso territoriale di questi padroni del suolo, e di quale carattere e grado essi stessi fossero: se liberi o vassalli, se di nobiltà campagnola o cittadina. Poichè tutte queste diversità non sono di nessun rilievo, per la quistione che ci occupa qui. Qui per noi è solo significante il dato di fatto che nelle città medievali avevano domicilio in gran numero persone che fruivano di rendite fondiarie per qualche titolo di diritto; purtroppo (che io sappia) noi non possediamo per nessuna città dati statistici circa il numero dei possedimenti dei signori

alle formazioni di città, se assurgevano a istituzioni stabili e facevano vivere sul luogo stesso gente di tutte le sorta: Lourdes (mentre Loreto è rimasto un piccolo nido). Sulla grande estensione dei pellegrinaggi medioevali vedi materiale in DAMAS, pag. 34. FLACH, p. 333.

[1] Delle scuole claustrali e della loro estensione in Europa tratta diffusamente MONTALEMBERT, *Die Mönche des Abendlandes*, edizione tedesca, 6, 1878, 1694.

[2] Per i tempi posteriori vedi ora avanti tutto l'opera di F. EULENBERG, *Die frequenz der deutschen Universitäten*, 1904.

temporali della terra, che si stabilivano nelle città; la migliore ricerca è stata condotta su Firenze: e qui, fino dal principio dell'anno 1180, si possono citare 35 « torri », ossia abitazioni fortificate di famiglie di proprietari [1], « tuttavia il loro vero numero potrebbe affermarsi essere stato di tre volte tanto [2] ». Queste famiglie poi grandi proprietarie del suolo, e certamente molto numerose nelle maggiori città, diventavano fondatrici di città per il solo ammontare delle loro rendite; questo è ciò su cui io volevo semplicemente attirare la cortese attenzione del lettore, poichè d'altra parte non gli si poteva offrire niente di nuovo con queste affermazioni.

Soltanto per animare un poco il quadro voglio aggiungere due cose:

Primo: se coloro che traggono redditi dal suolo e vivono in città, sono i creatori stessi delle città, (del che nessuno, che abbia fin qui seguito la mia esposizione, vorrà più dubitare), si vede manifestamente come una città possa essere tanto più grande e ricca, quanto maggiori e più numerose rendite del suolo vengono in esse a consumo, quanto più quindi il singolo reddituario ritrae dalle sue rendite, o quanto maggior numero di reddittuari si riunisce nella stessa città.

In altre parole: l'altezza dei redditi fondiari della campagna, che venivano consumati nella città, dipendeva da un lato dalla forza di attrazione che una città poteva esercitare sui grandi proprietari di terreno della campagna, e dall'altro dalla fecondità del territorio, che si trovava a disposizione del proprietario fondiario, cittadino d'origine, o inurbatosi soltanto più tardi. Bisogna porre più attenzione, che non sia accaduto fin qui, sul fatto che per lo sviluppo di una città nel Medio Evo, (e per i motivi addotti) importava molto meno la sua così detta posizione rispetto ai traffici, che non la

[1] SANTINI - *Società delle torri*, in *Arch. Stor.*, Sez. IV, vol. 20 — DAVIDSOHN nelle sue *Forschungen*, pag. 121. *Türme in der Stadt.*

[2] DAVIDSOHN - *Gesch. von Florenz*, 1, 554.

Sulle abitazioni fortificate dei signori temporali nelle città tedesche si estende von MAURER, V. 2, 94.

In Francia: « multi nobiles oppidani erant qui magnorum possessores feudorum, in praecipuis baronibus nativae regionis pollebant et multis magnae strenuitatis militibus, hereditario jure praeminebant (1098), Orderix Vital. IV, p. 49 in FLACH, 2, 368.

Vedi in *Coll. des doc. ined.*, Sez. I, (1837) 627 il Catalogo degli Hotels des Grands in Parigi alla fine del XIII secolo.

'econdità e la densità di popolazione della sua provincia. Qui tava il vantaggio che di natura derivò alla Italia del Nord alle Fiandre: questi territori già nel primo Medio Evo rano come un lussurioso giardino in ottima situazione. Bisogna leggere nella Filippide le descrizioni del paese fiamningo, per farsi un' idea adeguata della precoce fioritura lelle città del Reno inferiore. Bisogna anche osservare, che, . es., le città marittime fiamminghe, come Nienpart, Ardenerg, Dam e anche Bruges raggiunsero più tardi alla ricchezza, he le città interne come Ypres e Gand. Ma naturalmente la presupposizione necessaria allo sfruttamento di queste favorevoli ondizioni naturali era, che i prodotti superflui del paese potesero venire consumati nella città, e per questo era necessario he i padroni del suolo venissero attirati nella cerchia della opolazione cittadina. Ora questo è seguito in misura molto liversa nei vari paesi: nè è qui a discuterne le cause. Si dovrà uttavia ammettere che l'influsso della cultura romana, prevaentemente urbana, ha esercitato un'azione essenzialmente deerminante. Da questo dunque la forte tendenza in Italia alla pontanea formazione di centri urbani [1]; di qui una più forte oncentrazione dei grandi proprietari campagnoli del suolo opra tutto nelle città, nelle quali, fuori d' Italia, il Romanesimo veva lasciato le sue tracce: più forte nei territori del Reno in quelli meridionali della Germania, che nelle inospitali erre di colonizzazione dell'Oriente e del Settentrione.

Ma anche altre circostanze determinanti devono avere nsieme operato. Così in Inghilterra una particolare conformazione della vita costituzionale, come del diritto ereditario, pingeva per tempo nella città i figli minori dell'alta nobiltà, insieme rendeva possibile una fusione della nobiltà con la orghesia cittadina. In Italia più tardi ebbe una gran parte l forzato sequestro della nobiltà campagnola nelle città [2]; nelle Fiandre e nel Brabante si ebbe una evoluzione simile [3].

[1] Molto prima di questo forte — inurbamento — « le attrattive della omodità e del vivere sociale avevano indotto singole famiglie a calare ella città invece di vivere nella propria terra, sulla cima solitaria di un nonte ». DAVIDSOHN, *Gesch. von Florenz*, 1, 343

[2] Sull'« Inurbamento della nobiltà », riferirsi per es. a MURATORI, *Antiqu.* Diss. 47; BETHMANN-HOLLWEG, *Origine della libertà cittadina lombarda* (1846), pag. 164 segg. C. BERTAGNOLO, *Vicende dell' Agricoltura* (1881, pag. 125). E. PAGGI, *Cennni storici delle leggi sull' agricoltura* (1848) , 16 segg., 2, 198 segg.

[3] V. nella I edizione 1, 311 seg. e letteratura ivi citata.

Nel medesimo tempo in cui i comuni Italiani si davano cura di riunire fra le loro mura per mezzo dell'inurbamento molte fonti di reddito, le città tedesche cacciavano la nobiltà dalle loro porte: le leggi delle città di Friburgo, di Amburgo (1120) e di altre, proibivano di abitare nella città; le leggi di Friburgo stabiliscono che — nullus de hominibus vel ministerialibus ducis vel miles aliquis in civitate habitabit, — nel tempo stesso, in cui la potente Genova faceva giurare al marchese Aleramo (1135), al conte di Lavagna (1138) e ad altri grandi della provincia: — ero habitator Januae per me, vel per filium meum et tenebor adimplere sacramentum compagnae, — e in una piccola città, come Treviso, durante un anno (1200), erano più di 60, in parte potenti e ricchi, i signori che avevano acquistato il diritto di cittadinanza [1].

Nessuna meraviglia dunque che, in grazia di questa diversa politica Friburgo, per così dire,.... rimanesse Friburgo, e Genova.... diventasse Genova. In ogni caso non può esservi più dubbio alcuno sul fatto che la più o meno forte agglomerazione dei grandi proprietari del suolo ha una funzione considerevole, come fattore determinante dello sviluppo delle città nel Medio Evo, cosicchè gran parte delle diversità che la storia mette in luce qua o là, si può far risalire al diverso stato delle condizioni di cui ci siamo fino a qui occupati.

L'altra osservazione che io volevo fare, su tale punto della formazione delle città per agglomeramento di rendite fondiarie, è questo:

Deve esservi stato un tempo nel Medio Evo (credo sia stato principalmente il secolo X e il XI) nel quale si verificò un agglomeramento improvviso di proprietari del suolo in singoli punti. Questi punti furono quelli fortificati, o da fortificarsi, o quei luoghi riconosciuti come punti di difesa, e quindi come fortezze; coloro che usufruivano di rendite del suolo e si radunavano in maggior numero, venendo così a formare le città, furono i soldati, la guarnigione dei vassalli, che subito si traeva a loro difesa nei luoghi che stavano per diventare città. Questi diventarono, per quanto crediamo, un importante fattore nel sorgere della città. Poichè essi crearono in una sol volta un maggior campo di esistenza per una numerosa popolazione. Così che anche potrebbe dirsi che

[1] Bonifaccio - *Historia di Trevigio* (1744), pag. 153.

la città medievale si è sviluppata (non solo in senso strategico-architettonico, ma anche, e specialmente, in senso economico) come fortezza, e più giustamente come città di guarnigione; poichè la sua popolazione non fu accresciuta nè dalle mura, nè dal castello, ma dai soldati che risiedevano nel castello e attiravano un fondo di consumo. Poichè naturalmente i *Castrenses*, i *Castellani*, i *milites* erano uomini investiti di qualche bene — il feudo — e che quindi consumavano i frutti di questi beni nelle città dove erano di guarnigione [1].

Se ora si volesse cominciare a scrivere la storia della città medievale, bisognerebbe anche dirigere la propria mira su questo punto: la città come guarnigione. Il materiale di cui attualmente disponiamo è stato raccolto soltanto partendo da un punto di vista topografico o storico-costituzionale, e quindi è utilizzabile solo minimamente.

I soli scrittori a me noti, i quali abbiano visto di che natura sia il problema che ci sta dinanzi, sono il Maitland e l'Jnama (V. J. W. MAITLAND, *Donnesday and beyond*, 1897; *Essay*, I § « The Boroughs »; JNAMA, *op. cit.* 2, 99 segg.).

Per il resto rimando ai seguenti scritti, nei quali è illustrata la parte attinente al diritto costituzionale, strategico, ecc. del problema della fortezza medioevale:

Per la **Germania**: SEB. SCHWARZ, *Anfänge des Städtewesens in der Elb-und Saalegegend*, 1892. — W. VARGES, *Zur Entstehung der deutschen Stadtverfassung*. Jahrb. für N. Ö. 6, 165 segg. « Die Stadt als Festung ». — S. RIETSCHEL, *Der Burggrafmann*, 1905. Oltre a ciò naturalmente sono a consultare le opere comuni, e fra le altre sempre la gigantesca raccolta di materiale del Maurer.

Per la **Boemia** specialmente v. F. LIPPERT, *Soz. Gesch. von Böhmen*, 2, 1898, 169. Tutte le città boeme importanti erano borghi dei gaugravi.

Per l'**Inghilterra** il Maitland nell'opera citata ha dimostrata una costituzione affatto simile a quella che possedeva la Germania nella sua organizzazione feudale.

La più forte piazza del paese era Londra. In questa la guarnigione ebbe una parte importantissima (come del resto generalmente nella maggior parte delle grandi città) nella storia della costituzione.

[1] Un'esposizione molto interessante della posizione economica del soldato è in WITTEKIND nel luogo citato, c. 35 (55, 3, 432).

Il conte di Londra si chiamava già nelle fonti più antiche *Wicgerêta.*

Della **Francia** in genere tratta FLACH, *Origines,* 2, 79, 333 segg. — Della **Champagne** in particolare RENÉ BOURGEOIS, *Du mouvement communal dans le comté de Champagne aux XIIe et XIIIe siècle.* Paris Diss. 1304. La costituzione è la stessa che in Inghilterra e in Germania. « Le domaine propre (du comte de Champ.) était en Ch., divisé en Chatellenies ou Prévôtés, qui avaient chacune pour chef lieu le principal centre de population, point spécialement fortifié où se trouvait une forteresse qualifiée de chateau à l'exclusion des autres forteresses du même district. Les Prévôtés des comtes de Ch. étaient en 1152 en nombre de vingt, dont les chef lieux sont aujourdhui dans six départements ». V. *op. cit.* p. 17.

Per il **Belgio** v. p. es. ALPH. WAUTERS, *Les libertés communales,* 1, (1878), 209. Tutte le grandi città belghe sono guarnigioni del X secolo: Cambrar, Utrecht, Lüttich, Bruxelles, ecc.

Per l'**Italia** bisogna ricorrere alle opere di storia locale. Naturalmente siamo informati meglio di tutto sulla Toscana e su Firenze: « la città assomigliava a un castello grande e popoloso, che stava alla contea in una proporzione simile a quella del singolo borgo al proprio feudo ». DAVIDSOHN, *Gesch. von Florenz.* 1, 331. Ma anche *die Geschicht. d. Stadt Rom* contiene molto materiale.

2. I Produttori.

Si può appena immaginare una città nella quale una parte della popolazione non provveda al mantenimento proprio e di altri con la propria attività commerciale o industriale, ossia non si procuri dal di fuori i mezzi di vita con lo scambio dei propri prodotti. Anche nel Medio Evo questi esempi non mancavano del tutto in nessuna città. È tempo che noi ci ricordiamo di loro e cerchiamo di esaminarli uno dopo l'altro nelle loro particolarità.

Bisogna prima di tutto menzionare *il lavoro delle città per la campagna circostante:* quale la produzione di articoli industriali per i contadini, la fornitura ai medesimi di articoli di importazione estera. Noi chiamiamo appunto città di campagna o anche luogo di mercato, quella i cui abitanti vivono

prevalentemente di questo traffico col paese circostante. Questo tipo di città deve essere esistito certamente in maggiori proporzioni nel medio evo che oggi; ci devono essere stati i borghi di 500 o 1000 abitanti, nella cui vicinanza veniva come oggi attivamente esercitata l'agricoltura, e che quindi rimasero piccole città di campagna per tutta la loro esistenza. Per esempio quelle 279 città originarie della Germania Orientale delle quali abbiamo parlato. Anche nelle grandi città, in quelle cioè alle quali noi specialmente pensiamo quando si parla di città, doveva esistere un traffico locale coi contadini (e ancor più coi proprietari di terreni) dei dintorni, e una parte della popolazione (artigiani e bottegai) deve aver vissuto di questo. Ma tuttavia questo traffico non si poteva presentare troppo estesamente nel medio evo sulla terra piana: troppo fortemente diffusa era ancora perciò l'economia singolare e non ancora abbastanza alto il grado di cultura della popolazione rurale. Non si può neppure pensare che questo scambio fra la campagna e la città abbia costituito il nervo vitale della città medievale. Nè si potrebbe affatto dire che per caso i contadini comprassero sui mercati settimanali prodotti industriali o di importazione, per quello stesso importo pel quale avevano venduto alle città i loro prodotti.

Anzi ben il più delle volte la maggior parte del prodotto in contante emigrava nelle tasche dei proprietari del suolo in campagna e in città, e questi acquistavano col solo frutto degli interessi (o col ricavo dei beni forniti loro in natura) le merci dagli artigiani e dai mercanti cittadini. Così che se i proprietari abitavano nella città, i produttori cittadini vivevano di questi e non da sè stessi.

Per alcune città medioevali può avere avuto una certa maggiore importanza il *commercio internazionale;* ma non bisogna farsi una idea esagerata neppure di questo fattore di creazione delle città.

La città commerciale ha economicamente la caratteristica di trarre il proprio mantenimento in piccole porzioni da un circolo molto esteso [1]. E questa caratteristica della sua esistenza pone stretti confini all'estensione della città di solo commercio. Grandi città puramente commerciali non ci sono mai state e non ci possono essere, poichè o la tecnica dei trasporti è ancora così

[1] « Ils tirèrent leur subsistance de tout l'univers ». MONTESQUIEU, *Esprit des Lois.* Livre XX, Ch. V.

poco sviluppata, che l'estensione del commercio non può essere che minima [1], o altrimenti la tecnica dei trasporti più sviluppata rende proporzionalmente così minimi gli utili del commercio, che bisogna ormai mettere sul mercato una enorme quantità di merce, perchè rimanga nelle mani dei commercianti, come guadagno, e quindi come mezzo di sussistenza della popolazione cittadina, un valore considerabile. Il profano, (e la maggior parte dei « teorici » che hanno scritto sulla formazione delle città, sono dei profani dal punto di vista dell'economia politica), non si cura di chiarire il fatto che in una città neppure un passero può vivere della corrente di merci, che passa attraverso alla città stessa, a meno che non vada beccando il suo cibo dai sacchi di biade e di legumi. Ciò che solo importa, è appunto l'ammontare del valore, in rapporto del quale i commercianti percepiscono i loro diritti, mentre questi beni si muovono attraverso la loro città; importa « ciò che rimane attaccato », « ciò che si guadagna », o, in una parola, il *profitto* del commercio, e questo suole di regola essere in proporzione inversa alla quantità delle merci oggetto del traffico commerciale. Se esso è relativamente alto (come nel medio evo) poco è il traffico e vedremo appunto quanto questo fosse piccolo nel Medio Evo. Quindi anche nei commerci di monopolio soltanto una piccola parte della popozione può avere da vivere del commercio stesso. Se noi ammettiamo un reddito medio di solo 300 Mk di valuta odierna per la Lubecca del secolo XIV e un profitto del 20 % (!) sul traffico, il commercio stesso avrebbe nutrito a Lubecca solo circa 2000 uomini [2].

Rimane da menzionare come fattore di formazione delle città il *movimento di esportazione.* In quanto si consideri questo si ammette l'esistenza della *città industriale:* e certamente questa esisteva già nel medio evo, e senza dubbio poi sul fondamento della produzione industriale nel senso più stretto (ossia il perfezionamento della materia prima). Ora le città, che producevano una specialità industriale, potevano certamente con questa mantenere un paio di centinaia di uomini: Milano con le sue armi, Norimberga con le sue « specialità di Norimberga », Costanza con le sue tele, Firenze coi suoi

[1] « Extensive commerce checks itself, by raising the price of all labour and commodities », D. Hume, *Essays*, 2, 1793, 207.

[2] Come base di questo calcolo vedi le cifre citate parte I.

panni. Ma queste sono tuttavia sempre eccezioni. Lo sviluppo di queste industrie cade invece il più delle volte in tempi più avanzati del Medio Evo, così che esse non possano venir prese in considerazione per quanto riguarda il primo sorgere e lo sviluppo della città. Maggiore importanza per il principio dello sviluppo cittadino hanno avuto prima ancora determinati prodotti del suolo e delle acque sorgive (o del mare), che si trovavano nel sottosuolo o presso la città. Intendo parlare delle città produttrici di sale o delle città minerarie (argento) o vinicole o date all'esercizio di una determinata pesca (aringhe). Ma di nuovo bisogna badare a non stimare esageratamente la forza creativa anche di queste fonti di lucro. Vediamo, p. es., una delle prime e più importanti città minerarie del medio evo, la città di Freiberg, ricca per le sue miniere di argento. Essa comincia a svilupparsi circa nel 1185, e senza dubbio rapidamente, come si può ben comprendere. « Le stesse cause, che al tempo nostro da un giorno all'altro hanno fatto sorgere popolose città nei distretti minerari della Califormia, riunirono allora nella valle della Mulda coloni di tutte le contrade; la nuova colonia crebbe molto rapidamente e raggiunse presto quell'estensione, che doveva poi conservare durante secoli interi » [1]. E il risultato? Nell'anno 1250 Enrico l'Augusto lascia in dono all'ospedale il « fimum qui colligitur in foro », dal che noi possiamo concludere: 1. che la sua quantità non doveva essere piccola; 2. che di notte il bestiame della città accampava sul mercato (Si potrebbe veramente immaginare che il letame derivasse dal bestiame da macello riunito fuori). Certamente nel corso del Medio Evo Freiberg fu *la più grande città* della Sassonia. Ma che significa ciò? Essa si componeva di 379 pezzi di terreno fabbricabile, e con ciò al più di circa 4500-5000 abitanti [2]. L'industria mineraria non ha avuto dunque una troppo forte influenza neppure in questa prima città argentifera della Germania.

Un fattore solo, per quanto io sappia, tiene una parte importante nello sviluppo delle città accanto all'accumulazione delle rendite fondiarie: è questo il commercio del danaro

[1] Hub. Ermisch - *Wanderungen durch die Stadt Freiberg im Mittelalter* (Neues Archiv für sächsische Geschichte: edito da H. Ermisch, 12, (1891), pag. 92. Confronta con C. E. Leupold, *Untersuchungen zur älteren Gesch. Freibergs* (nello stesso Archv. IV, (1889) pag. 304 e segg.

[2] H. Ermisch - *Zur Statistik der Sächsischen Städte im Jahre 1474* (nello Archiv. XI, pag. 148-130).

dei banchieri o degli usurai, come lo si può distinguere nei singoli casi. E concediamo pure che anche questo abbia avuto una influenza essenziale soltanto per poche grandi città e che nella maggior parte delle città abbia agito come in secondo ordine, dopo le forze evolutive dei redditi fondiari diretti dei signori del terreno. Già dai pochi accenni, che io ho fatto nelle pagine precedenti, risultava quanto prevalente sia stata l'importanza di questo grande fattore per la città medievale. E questa impressione rimane rafforzata se ci facciamo a esaminare la struttura economica di qualche grande città del Medio Evo. Troviamo allora che le altre città puramente industriali (come Freiberg) rimangono affatto piccole; ma che invece in ogni città sopra i 10000 abitanti avviene un raggruppamento di forti consumatori. Si tratti di Venezia o di Firenze, di Genova, o di Milano, di Basilea o di Strasburgo, di Norimberga o di Asburgo, di Lubecca o di Amburgo, di Bruges o di Gand, di Ypres o di Liegi, di Parigi o di Londra, di Vienna o di Praga: sempre noi troviamo in queste città risiedere uno o più principi, re, margravi, duchi, arcivescovi, vescovi ecc., una quantità proponderante di istituti religiosi e una grande quantità di signori temporali del suolo. Insomma se non si può dimostrare con cifre il vantaggio portato da tutti questi elementi alla formazione delle città, si può affermare tuttavia che essi sono stati i fattori preponderanti e decisivi, e sopratutto lo si può verosimilmente affermare:

1) per il fondamento delle comuni conoscenze;

2) per il fatto appunto citato, che essi non mancano in nessuna città del medio evo;

3) per l'essersi osservato che dove essi si trovavano riuniti è sorta ogni volta una grande città;

4) per l'altra osservazione che dove essi mancavano non è mai sorta nel medio evo una città importante.

Ma se tuttavia alcuno potesse, nonostante tutto ciò, ancora dubitare della verità della mia tesi: che la città del medio evo fu prevalentemente, e in ogni caso nel primo tempo della sua esistenza, città di consumo, e che quindi il suo sviluppo devesi attribuire alla massa delle rendite fondiarie agglomerantesi in quel punto, io credo, che egli sarebbe liberato dal suo dubbio, se pensasse agli oggetti del primo sviluppo urbano nel medio evo, a quei fondatori di città secondari, terziari ecc. ossia *derivati,* che propriamente riempivano la città.

Università di Breslau. WERNER SOMBART

ANALISI CRITICHE E RASSEGNE.

HARALD HÖFFDING - *Histoire de la Philosophie moderne.* Paris. F. Alcan, 1906. — *Storia della filosofia moderna.* Torino. Bocca, 1906.

L'opera del filosofo della Danimarca, tradotta in italiano e in francese, varrà a diffondere nei paesi latini un maggiore interesse per la storia del pensiero. E perciò salutiamo la traduzione con vivo compiacimento.

Quanto al contenuto di questo lavoro poderoso, diremo che esso abbraccia: la descrizione a larghi tratti dei grandi sistemi metafisici riavvicinati alle origini della Scienza moderna, il movimento dei valori etici e religiosi, il dibattito dei problemi gnoseologici, la pittura dei caratteri più salienti che costituiscono la personalità di un pensatore e conferiscono ad una tendenza speculativa un particolare significato psicologico. Tutto ciò è congiunto, e fin dove è possibile armonizzato, in una vasta sintesi, che rivela ad un tempo la grande erudizione dell'A., il suo giudizio sereno, le sue singolari facoltà d'intuizione.

Lo Höffding ha voluto ricostruire la Filosofia, nel senso classico della parola, e qualunque veduta si possa avere intorno all'oggetto o al significato di quella, l'opera che abbiamo dinnanzi ha per noi questo interesse particolare: essa rappresenta, fissato in un largo quadro, il concetto, comune in una certa misura ad una classe di pensatori, i quali, per ragioni di tradizione e di insegnamento, si contraddistinguono specialmente col nome di filosofi.

La circostanza che l'A. acceda in gran parte alle vedute del positivismo, le simpatie ben giustificate ch'egli dimostra al rinascimento italiano e alla più moderna speculazione inglese, il valore che attribuisce alla Scienza come fattore dello sviluppo

filosofico, concorrono a rendere tanto più sintomatico l'atteggiamento preso relativamente alla definizione della Filosofia.

Dalla Storia dei « tentativi fatti da certi pensatori per discutere i problemi ultimi della conoscenza e della vita » lo Höffding crede si possa ricavare almeno approssimativamente il « resultato importante di mettere in luce la natura dei problemi di cui si occupa la Filosofia », e questi ritiene possansi ridurre a quattro: 1° Problema della conoscenza (problema logico); 2° Problema dell'esistenza (problema cosmologico); 3° Problema della stima dei valori (problema etico-religioso); 4° Problema della coscienza (problema psicologico).

Ora, a prescindere da altre osservazioni critiche che la suddetta classificazione suggerirebbe, ci sembra soprattutto confutabile la veduta della Filosofia come di una disciplina avente un contenuto proprio di problemi.

Sebbene la tesi possa apparire paradossale, noi ravvisiamo in tale veduta un particolarismo filosofico svoltosi parallelamente al particolarismo scientifico, in gran parte per effetto delle condizioni e dello spirito che la divisione della Scienza ha creato nell'insegnamento. E alla sopra indicata concezione particolaristica, opponiamo l'idea che la Filosofia rappresenti, non un ordine determinato di ricerche, ma un atteggiamento proprio del pensiero, sintetico e critico ad un tempo, il quale si esplichi in campi diversi e relativamente ai più diversi problemi del sapere e dell'azione.

Da questo punto di vista la Storia della Filosofia non può essere separata da quella della Scienza e della coltura in genere, ma deve comprendere la Storia delle conquiste e delle aspirazioni dello spirito umano, considerate secondo un particolare orientamento, diremmo quasi nella loro genesi ideale. Ed importa massimamente che essa non disgiunga le vedute cosmologiche o gnoseologiche astratte dalla ricerca positiva, rispetto a cui quelle valgono come criteri direttivi, e parimente le idee etiche generali dai movimenti sociali e politici che vi si collegano.

Cerchiamo di illustrare meglio il nostro pensiero, limitandoci a considerare più specialmente la Storia dello Höffding nei riguardi della Scienza.

Abbiamo già accennato che l'A. considera lo sviluppo della Scienza tra i fattori della Filosofia, e, aggiungiamo, con una larghezza ignota nelle opere precedenti di simil genere.

Il primo volume (il più bello, fra i due), ci fa assistere all'espansione dei grandi sistemi metafisici, ricollegandola alla fondazione del nuovo sistema del mondo, mercè le scoperte della Meccanica e dell'Astronomia.

Nel secondo volume manca una critica analoga che metta nella debita luce l'influenza esercitata dalla sistemazione scientifica newtoniana sulla Gnoseologia di Kant.

Ma soprattutto non troviamo una critica adeguata delle idee di Cartesio e di Newton, e delle conseguenze portate dal meccanicismo nell'indirizzo della Fisica. Così la scoperta della conservazione dell'energia viene presentata quasi come un fatto isolato, piuttostochè come il risultato di un progresso non interrotto che, movendo appunto da Cartesio e da Leibniz, si prosegue nei varii tentativi di una spiegazione cinetica della materia, del calore ecc.

Il concetto particolaristico della Filosofia, nei riguardi della Scienza, risalta a nostro avviso più spiccatamente nella storia del secolo decimonono. In questo secolo, come è noto, si è operato un distacco sistematico tra filosofi e scienziati; tuttavia di fronte alla corrente prevalentemente letteraria, che la tradizione considera come classica, si è mantenuta una catena di pensatori che da diversi campi scientifici si sollevano alla speculazione e alla critica filosofica. Questi meritavano di essere presi in maggiore considerazione, accanto ai rappresentanti, diremo così ufficiali, del positivismo, coi quali sono in una certa comunione di spirito, se anche talvolta non ne dividano appieno le idee.

Tanto più che il ricongiungimento, ormai in via d'attuazione, tra Scienza e Filosofia, avrà come conseguenza di dare a codesti uomini una maggiore influenza sullo sviluppo del pensiero avvenire.

Perchè le vedute di Kant sullo spazio, meriterebbero maggiore attenzione che quelle di Gauss o di Riemann, il più grande filosofo della Geometria?

Perchè una storia che registra la teoria delle monadi fra le speculazioni di Leibniz, non ci dirà nulla della moderna concezione atomica nella Chimica?

E perchè accanto al fisico Ampère, di cui sono opportunamente ricordate le opinione gnoseologiche, non troveranno posto fra i filosofi del secolo decimonono Hermann Helmholtz, Du Bois Reymond e Claude Bernard? Il primo non foss'altro per la tendenza di reazione che esprime contro il dominante specialismo scientifico, il secondo per avere espresso nella forma più chiara le vedute agnostiche derivanti dalla Metafisica del meccanismo, il terzo infine per quella « Introduction à la Médicine experimentale » che rimane ancora mirabile edificio di Metodologia e di Logica!

Tuttavia questi pensatori non sono presi in esame dal nostro A., e similmente questi, che pur ha considerato il fondatore dell'Economia, Adamo Smith, tace di Carlo Marx, nel quale le idee della sinistra hegeliana assunsero il massimo contenuto positivo sotto l'aspetto sociale.

Senonchè, mentre queste osservazioni si affacciano naturalmente al nostro pensiero, ci sembra di sentirci rimproverare perchè l'opera dello Höffding merita meno di ogni altra le nostre censure. Non abbiamo detto noi stessi ch'essa fa alla Scienza una parte più notevole di qualsiasi altra Storia congenere?

Ma a questo rimprovero crediamo giusto rispondere: appunto perchè l'A. si allontana con illuminato criterio dagli schemi più ristretti, e perchè la sua Storia, animata da un simpatico spirito positivo, si avvicina di più a rappresentare il movimento del pensiero secondo l'ideale che abbiamo in vista; appunto perciò essa lascia il desiderio di un'opera (preparata da un lavoro indiduale o collettivo) che di tanto la superi, quanto essa medesima supera le precedenti!

F. ENRIQUES

M. PETROVICH, professeur à l'Université de Belgrade - *La Mécanique des Phénomènes fondée sur les analogies.* Paris. Gauthier-Villars, 1906 (Collection *Scientia*).

On se plait souvent à rapprocher les uns des autres des phénomènes d'ordres différents. « On compare tel ou tel phénomène historique, sociologique au mouvement pendulaire amorti; les mouvements internes vifs et mal déterminés des grandes masses humaines sont comparés à la fermentation »; et ainsi de suite. En général, ces rapprochements ne sont que des métaphores. Ne pourrait-on, cependant, en les analysant correctement, leur attribuer plus de portée et leur conférer une valeur scientifique? C'est ce qu'a voulu faire M. Petrovich. « L'analogie, dit-il, réside dans l'identité des rôles joués par certains éléments dans les phénomènes analogues ». D'où cette question: est-il possible de dégager ces rôles de ce qui les rattache spécialement à telle ou telle espèce de phénomènes et de les présenter sous une forme à la fois assez simple et assez générale pour qu'ils puissent s'adapter à tous les phénomènes embrassés par une même analogie? »

Ainsi s'exprime M. Petrovich dans son Introduction. Il précise son idée au Chapitre I en définissant ce qu'il appelle les « groupes d'analogie ». On dira que plusieurs phénomènes $\psi_1, \psi_2, \ldots$ forment un groupe d'analogie parfaite si les équations différentielles (ou en termes finis) relatives aux variables et constantes qui définissent ces phénomènes sont en même nombre et de même forme (pp. 9 et sqq.).

Un groupe d'analogie sera, par exemple, le groupe des phénomènes dont l'equation différentielle est

$$\frac{dy}{dx} = Ky.$$

Il résulte de cette définition que l'un quelconque des phénomènes du groupe pourra toujours être pris comme type de tous les autres. Mais, si l'on veut construire une théorie générale des analogies, on devra dépouiller les phénomènes de leur réalité concrète et n'en conserver que le schéma abstrait. « Au lieu de prendre comme phénomène-type un phénomène concret du groupe, il y a avantage à le remplacer par un phénomène fictif dont les élements auraient une signification concrète indéterminée afin qu'on puisse les adapter indistinctement à tous les phénomènes du groupe » (p. 20).

Tel étant le dessein de M. Petrovich, comment parvient-il à le réaliser? La méthode consiste, semble-t-il, à partir des théorèmes de la mécanique classique, et à en éliminer tous les termes techniques, afin de les transformer en propositions de sens commun que l'on prétend ensuite découvrir directement.

Les systèmes qu'offre la nature, nous dit M. Petrovich, sont tous constitués par des réunions d'*objets*, lesquels objets subissent des *variations* que l'on attribue à l'influence de *causes*. Cherchons à définir analytiquement ce qu'il faut entendre par ces mots « variations », « causes »: nous constituerons, de la sorte, une mécanique universelle.

Les « objets », par exemple, sont définis par des variables que l'on peut répartir entre quatre classes (pp. 23 et sqq.): 1° variables indépendantes (indépendantes des causes: ainsi le temps dans les phénomènes de mouvement); 2° variables caractéristiques $\alpha_1, \ldots \alpha_n$ qui sont l'objet direct de l'action des causes (dans la mécanique ordinaire ces variables sont les composantes des vitesses); 3° variables $q_1, \ldots q_n$, liées aux α par les relations invariantes $dq_1 - \alpha_1 dt = 0, \ldots dq_n - \alpha_n dt = 0$; 4° variables $\beta_1, \ldots \beta_p$, qui achèvent de déterminer l'état du système et qui sont liées aux variables α par p relations

$$f_1(\alpha_1, \ldots \alpha_n, \beta_1, \ldots \beta_p) = 0, \ldots f_p(\alpha_1, \ldots \beta_p) = 0$$

indépendantes de l'action des causes. Partant de ces définitions, et leur adjoignant la définition analytique des « causes », on obtient tous les théorèmes de la mécanique, dont le premier s'énonce en ce termes: *L'effet élémentaire d'une cause directe X est proportionnel à l'intensité de la cause et à la variation correspondante de la variable indépendante:* $K\frac{d\alpha}{dt} = X$ (p. 28).

Nous ne pouvrons suivre M. Petrovich dans le détail de son exposition. Cette exposition est d'ailleurs parfaitement claire et est illustrée d'exemples nombreux empruntés aux sciences les plus diverses: phénomènes mécaniques, physiques, chimiques, action d'une cause secondaire sur le cours d'une maladie d'après M. Bouchard, variations périodiques de l'intensité des parfum des fleurs d'après M. Mesnard, etc., etc.

On objectera probablement à M. Petrovich que son système n'est qu'une mécanique rationnelle démarquée, et sans doute cette critique est un peu méritée. Nous n'en devons pas moins au professeur de l'Université de Belgrade maintes suggestions intéressantes. On remarquera, en particulier, les paragraphes où M. Petrovich s'efforce d'étudier les phénomènes auxquels le moule de la mécanique classique ne s'adapte qu'imparfaitement (voir pp. 82 et sqq.). Lors même que la nature des causes qui agissent sur un phénomène n'est pas entièrement connue, on peut cependant (en déterminant le sens de ces causes, en voyant si elle sont accompagnées de causes renforçantes ou antagonistes) formuler quelques prévisions sur les effets dont elles seront suivies. Cet essai de mécanique approchée ouvre une voie qui n'est peut-être pas inféconde. Pourquoi ne pourrait-on, après tout, constituer une mécanique qui serait à la mécanique analytique ce que la géométrie de situation est à la géométrie métrique?

Université de Montpellier.

PIERRE BOUTROUX

L' adattamento funzionale e la teleologia psico-fisica del Pauly.

AUGUST PAULY - *Darwinismus und Lamarckismus.* Entwurf einer psychophysischen Teleologie. - München, Reinhardt, 1905 (pag. 335).

Il Darwinismo, pretendendo di spiegare tutta l'evoluzione organica colla lotta per la vita e la selezione naturale, riconduce a semplice conseguenza dell'accumularsi di variazioni fortuite la facoltà stessa di adattamento degli esseri viventi, che manifestamente costituisce invece la proprietà fondamentale e primordiale

della vita. Con ciò, non fa che girare abilmente intorno alla questione senza risolverla, e contribuisce così, più che altro, ad allontanarci da una conoscenza più approfondita e più intima del fenomeno vitale.

Invece, il Lamarck attaccava subito di fronte la questione, dirigendo fino dal principio la sua attenzione ad esempi concreti di adattamento allo scopo, che si riferivano a cambiamenti o intensificazioni di funzioni, e i quali, quindi, rappresentavano il momento del prodursi di un adattamento nuovo.

Di modo che, mentre per Darwin l'organismo acquisterebbe tutte le sue proprietà passivamente; pel Lamarck, invece, l'organismo verrebbe ad acquistarle, a plasmare sè stesso, direttamente, mercè la propria attività.

Precisata così assai bene la posizione che tengono l'una rispetto all'altra le due concezioni fondamentali del Darwinismo e del Lamarckismo, l'autore, seguace di quest'ultima, si rivolge egli pure direttamente allo studio della proprietà generale dell'organico, della adattabilità allo scopo, della « Zweckmässigkeit ».

Ogni azione, egli osserva, è un atto teleologico; e la sua conformità allo scopo deriva dall'associazione di due esperienze, quella di un bisogno sentito e l'altra del mezzo che lo ha soddisfatto. Questa associazione si risolve in un « giudizio », — di natura psichica ma evidentemente dotato, per la sua attività, di energia fisica, — circa la capacità di quel dato mezzo a soddisfare quel dato bisogno.

Venendo ad esempi concreti, la filogenesi c'insegna, scrive il nostro autore, come per ciascun adattamento nuovo l'animale abbia sempre utilizzato, quale mezzo del tutto fortuito a sua disposizione, strutture morfologiche già formate, serventi fino ad ora ad altri scopi, e che l'animale a un dato momento ha scoperto potere servire anche allo scopo nuovo; in seguito al quale nuovo uso sono venute così a poco a poco a modificarsi. Tipiche a questo riguardo sono le trasformazioni subîte dalle diverse appendici dei crostacei, originariamente uguali tra loro, a seconda dell'uso fattone dall'animale.

L'utilizzazione di un mezzo, già servente ad uno scopo determinato, per un altro scopo nuovo del tutto diverso, costituisce una vera e propria « invenzione » dell'animale. Alcune di queste invenzioni non hanno che conseguenze di importanza limitata, altre ne hanno invece di importanza somma; senza che, naturalmente, niente al principio possa fare sospettare la gravità diversa dei loro risultati finali lontani. Basta pensare, osserva il Pauly, all'importanza che ebbe, per la formazione delle mascelle e di tutta la faccia, la scoperta che gli archi branchiali potevano servire anche da tenaglia per afferrare il cibo.

È chiaro che ad ogni invenzione ne potrà succedere e ne succederà per lo più un' altra, utilizzante, come mezzo per soddisfare ad un bisogno ulteriore, quello stesso sôrto o modificatosi per effetto della invenzione precedente; e così d' invenzione in invenzione l' organismo potrà plasmarsi, quasi direi, direttamente, per opera propria.

Questa auto-plasmazione si può e si deve ammettere in una estensione forse assai maggiore di quanto si faceva finora. È merito del Pauly di insistervi. Il sostenere che l' animale a forza di tentativi rivolge, a soddisfazione di bisogni nuovi, mezzi vecchi, e con tal nuova utilizzazione, guidata sempre meglio dall' esperienza accumulata di tutti i tentativi precedenti, trasforma l' organo rendendolo sempre più adatto allo scopo, è forse non dire altra cosa, in sostanza, che quella già vecchia della plasmazione dell' organo effettuata dalla funzione. Solo che si mette maggiormente in evidenza la parte che l' intelligenza dell' animale ha in questa plasmazione.

Questa auto-plasmazione non può valere, è vero, che per gli organi le cui funzioni sono governate da atti volontari. Badiamo, però, che molti atti oggi involontari, furono volontari in origine. Con ciò il campo d' azione di questa auto-plasmazione viene ad estendersi ancora molto di più. Ma fin dove potrà esso estendersi? Qui sta il difficile!

La plasmazione del dito medio del *Chiromys madagascariensis*, ben più smilzo delle altre dita servendo all' animale per tirar fuori dalle parti tubulari delle piante il midollo o larve d' insetti, può ben probabilmente essere stata effettuata dall' atteggiamento sempre più adatto allo scopo dato a tale organo dall' animale, a forza di tentativi via via riusciti sempre meglio; tanto più se si ammette che la contrazione dell' epidermide atta a rendere più sottile il dito e l' allungamento delle fibre muscolari portante seco anche quello delle ossa siano suscettibili, sia pure in ben tenue misura, di cadere o di essere cadute sotto il controllo della volontà. Altrettanto può dirsi, forse, della plasmazione, per lo meno in parte, della forbice e delle altre appendici sopra accennate dei crostacei; di alcuni o di alcune parti degli organi pulitori delle antenne degli insetti; dell' allungamento del collo e delle gambe anteriori della giraffa o delle gambe dei trampolieri e degli altri uccelli palustri; della curvatura della cornea e di alcune altre ancora delle conformazioni dell' occhio così bene adatte alla percezione più distinta nei più diversi casi; dell' organo vocale degli uccelli cantatori e degli altri animali in genere; e così via.

Ma può ammettersi un' estensione indefinita di questa auto-plasmazione? Può ammettersi, p. es., anche per la prima formazione del tessuto osseo? Quando in dati punti di certi tessuti

dell'organismo, così sostiene il nostro autore, vennero fortuitamente a deporsi nella sostanza intercellulare delle particelle minerali, l'animale dovette fare l'esperienza della resistenza maggiore che veniva in seguito a ciò a prendere il tessuto, e così potè giudicare della capacità d'un tal mezzo, costituito da queste particelle materiali sospese nel liquido circolante, a soddisfare il bisogno di una maggiore resistenza in certi punti del corpo. Ora, non molti saranno disposti, credo, a concedere che, fatta pure che abbia l'animale questa esperienza grazie ad una ipotetica sua ipersensibilità, esso a forza di tentativi possa essere riuscito ad aumentare via via maggiormente il deposito nei punti desiderati.

L'autore, è vero, sostiene, che ogni bisogno sentito dell'organismo nel suo insieme si trasmette tale e quale in ciascuna sua minima parte; e che, quindi, ciascuna di queste parti viene così resa essa stessa capace di giudicare fra bisogno e mezzo di soddisfazione, e può così operare in conseguenza. Ma che sorta di spiegazione è questa?

La concezione del Pauly va annoverata, dunque, essa pure, fra quelle che possiamo chiamare, anche se prive di contenuto religioso, col nome di vitalistico-animistiche; le quali vengono tutte ad assomigliarsi in questo, che suppongono nell'energia vitale, come sua caratteristica fondamentale e primordiale, anzichè alcune proprietà semplici ed elementari quali sono quelle di tutte le altre forme di energia ancorchè diverse da una forma di energia all'altra, una facoltà sola ma complicatissima, più o meno simile alla « ragione » dell'uomo. Nè può certo impedirci di considerare il Pauly come un animistico, il fatto che, sprofondandosi sempre più nelle nebulosità metafisiche, egli arriva alla fine tant'oltre da estendere questa facoltà intelligente a tutta quanta l'energia, anche inorganica, pretendendo con ciò di sopprimere il dualismo antico fra materia viva e materia morta.

Verso queste concezioni vitalistico-animistiche è inutile negare ci sia oggi ovunque un sentito risveglio, di cui il Pauly stesso e l'accoglienza favorevele incontrata dal suo lavoro non sono che degli esponenti. Ed un tale risveglio è dovuto, dobbiamo confessarlo, alla incapacità delle concezioni prettamente meccaniche o fisico-chimiche a rendere conto di molte caratteristiche essenziali dei fenomeni della vita, prime fra tutte, quelle ad aspetto pronunciato di finalità: dallo sviluppo ontogenetico che già nell'embrione forma organi adatti ad una funzione da compiere solo allo stato adulto, ai movimenti e agli atti delle piante e degli animali, che indubitatamente tendono ad uno scopo raggiungibile solo in un futuro più o meno lontano.

Se fosse soltanto l'adattarsi dell'organismo via via in ciascun istante alle circostanze esterne continuamente mutabili, il mondo inorganico stesso ci presenta tali e tanti casi più o meno consimili di adattamento, che la natura organica e l'inorganica non ci apparirebbero certo per questo sostanzialmente diverse fra loro. Ogni sistema fisico-chimico, infatti, disturbato che sia nel suo equilibrio dinamico da fattori esterni, tende a ricomporsi in un equilibrio dinamico nuovo, ad « adattarsi » a queste circostanze esterne mutate.

Nessuno, p. es., oserebbe entusiasmarsi della capacità di adattamento allo scopo, della « Zweckmässigkeit », dell'acqua corrente di un fiume, il cui rigurgito si eleva a monte delle pile di un ponte precisamente di quel tanto necessario a che l'acqua acquisti sotto le pile, che restringono la sezione del fiume, un aumento tale di velocità da ricondurre l'efflusso allo stesso quantitativo di prima. Perchè qui è troppo evidente essere il fatto che la corrente non può fermarsi, non può cessare di effluire sempre nella stessa quantità, che riconduce a poco a poco il sistema, dopo un certo intervallo di tempo di non equilibrio, all'equilibrio dinamico nuovo. Ed è l'ostacolo stesso posto contro l'effluire normale dell'acqua che viene a produrre a poco a poco le condizioni, — l'aumento di livello a monte, — proprie a ristabilire un equilibrio dinamico nuovo, e atte, anzi, ad accelerare quella velocità stessa dell'acqua che pareva dovesse venirne ritardata.

Altrettanto dicasi dell'energia elettrica passante nel suolo da lastra a lastra metallica, infisse nello strato superiore del terreno e mantenute a differenza costante di potenziale, l'equilibrio dinamico della quale venga turbato, in seguito alla siccità dell'aria, da una troppo rapida evaporazione, rendente lo strato superficiale del suolo meno buono conduttore e obbligante l'energia elettrica stessa a passare per gli strati più profondi; o dell'energia chimica sprigionantesi dalla forte affinità di due elementi fra loro, nel caso che l'equilibrio delle molteplici reazioni, cui dà luogo la soluzione dei due composti che rispettivamente contengono i due elementi, venga turbato dall'abbassarsi della temperatura dell'ambiente che ostacoli e modifichi qualcuna delle reazioni secondarie in corso. Anche in questi casi, è il non potere non continuare a prodursi dell'energia elettrica o dell'energia chimica che fa sì, che l'ostacolo venga a creare esso stesso le condizioni atte a ristabilire l'equilibrio dinamico nuovo.

Percui, se anche l'energia vitale, in determinati limiti di variazione dell'ambiente, non potrà arrestarsi, non potrà non continuare a prodursi, — e la tendenza, in determinate condizioni, all'auto-accrescimento della massa della sostanza vivente denota

precisamente la corrispondente tendenza dell'energia vitale, in seguito a determinate trasformazioni energetiche, alla propria espansione, — allora ogni ostacolo, che, entro questi limiti, si opporrà al processo vitale, creerà le condizioni atte a determinare, talvolta persino col ravvivare il processo stesso ancora maggiormente, il suo equilibrio dinamico nuovo, il suo adattamento all'ambiente.

Così, per quanto certo non ancora completamente spiegabile, non ci apparirà però più una proprietà del tutto misteriosa e speciale dell'organico il vedere, p. es., come nei punti soggetti a pressione o a trazione di certi tessuti, questa pressione o trazione, costituente forse dapprima un ostacolo, possa trasformarsi, invece, come c'insegna la struttura delle ossa o l'ingrossamento dei gambi di certi frutti pesanti, in uno stimolo trofico vero e proprio (Roux); o come le cellule dello strato superficiale di certe foglie o dell'epidermide animale, sottoposte pel clima troppo secco a troppo forte evaporazione, o portate in una contrada più fredda, possano resistere e adattarsi, col modificare convenientemente il proprio processo vitale, anche a queste condizioni ambientali sfavorevoli.

Ciò che, invece, anche con questi esempi meccanico-fisico-chimici, non si può comprendere neppure all'ingrosso, è, ripetiamo, l'anticipazione con cui l'organismo si dispone per un equilibrio dinamico futuro.

Qui fa d'uopo ricorrere ad una proprietà nuova, del tutto caratteristica dell'energia vitale. Proprietà nuova, che sembra consistere in questo: che ciascuno stato di equilibrio dinamico, nel cedere il posto a un altro, lascia sempre traccia di sè, nel senso che nei diversi punti, ciascuno già attraversato da una corrispondente specificità di energia viva, ora sostituita da un'altra, viene lasciata come un'accumulazione della stessa energia specifica allo stato potenziale. Ne consegue, che il ritorno allo stato attivo del sistema dinamico n. 1 può venire « svincolato » dal ripresentarsi di una porzione soltanto, anche minima, delle condizioni o stimoli esterni, dai quali questo stato n. 1 era stato provocato originariamente; porzione, che spesso non fa che precedere il ritorno integrale anche delle condizioni esterne restanti.

Tale possibilità di « svincolamento » d'uno stato dinamico per opera di una porzione soltanto delle condizioni esterne che dapprima lo originarono, è precisamente quella proprietà mnemonica, fondamentale e primordiale di tutta quanta la sostanza vivente, che l'Hering e il Semon hanno contribuito meglio degli altri a mettere in evidenza. È dessa, precisamente, che dà a tutti i fenomeni vitali, — dai fenomeni mnemonici propriamente detti

e dal ragionamento che è un fenomeno mnemonico complesso a tutti quanti i fenomeni fisiologici in genere, compresi per primi quelli dello sviluppo ontogenetico, — l'aspetto come di un prepararsi a certe condizioni di equilibrio, prima che esse si realizzino nella loro totalità. Ed è in questo prepararsi anticipato a condizioni future che consiste, appunto, quella finalità, quella « Zweckmässigkeit », che rivestono tutti i fenomeni vitali e tutti gli atti della psiche.

Fra le teorie prettamente meccaniche o fisico-chimiche e le teorie vitalistico-animistiche vi ha dunque posto per una terza concezione, sostenuta da chi scrive, e che in mancanza di vocabolo più adatto potremo chiamare vitalistico-energetica, tale che, pure ammettendo che l'energia vitale, — forse non altro che energia nervosa, — costituisca una forma di energia a sè, sottoposta naturalmente alle leggi generali dell'energetica, ma diversa per alcune delle sue proprietà dalle altre forme di energia sì come queste sono diverse fra loro, supponga nello stesso tempo, in questa energia vitale o nervosa, proprietà elementari ben definite, dello stesso ordine di semplicità di quelle manifestate dalle altre forme di energia, dette fisico-chimiche [1].

Senza certo potere dare per ora dei fenomeni della vita una vera e propria *spiegazione,* nel senso stretto della parola di permettere una *previsione* più estesa o più precisa, pure tale concezione ci sembra possa rappresentare un nuovo punto di vista, atto a guidare le ricerche in una direzione diversa e più promettente di quella semplicemente meccanica o fisico-chimica seguita fin qui. Ricerche, che, rivolte precisamente a determinare e a distinguere quelle proprietè elementari che l'energia vitale, o nervosa che dir si voglia, ha a comune colle altre forme di energia, e quelle per cui essa invece se ne differenzia, potrebbero un giorno venire appunto a comporre il dibattito secolare fra vitalisti e materialisti.

Milano.

EUGENIO RIGNANO

[1] Vedi EUGENIO RIGNANO, *Sur la trasmissibilité des caractères acquis.* - Paris, Alcan, 1906; ed. it., Bologna, Zanichelli, 1907; ultimo capitolo: « Il fenomeno mnemonico ed il fenomeno vitale ».

L. LIMENTANI - *La previsione dei fatti sociali.* Torino, Bocca 1907.

Il diverso grado d'importanza dato alla « previsione » e alle questioni che ad essa si connettono, si presterebbe assai più che qualunque altro carattere a servir di base ad una classificazione naturale dei vari sistemi filosofici che, attraverso i libri e gli articoli di rivista, vanno contendendosi l'egemonia del pensiero contemporaneo.

Come un caso estremo della tendenza che chiamerei anti-previsionista si potrebbe citare quello di Benedetto Croce, che, in una sua recente, e un po' troppo ardita, scorreria nel campo previsionista — provocata appunto dalla pubblicazione del volume di cui qui si parla — è arrivato al punto di asserire che « ciò che chiamiamo prevedere non è altro che un modo immaginoso ed enfatico per esprimere, non già il futuro, di cui non sappiamo e non possiamo sapere nulla, e che non è materia di conoscenza, ma il presente: non è dunque un *prevedere* ma un *vedere* ». (*Critica*, Maggio 1907, pag. 235).

All'estremo opposto si trovano invece i « pragmatisti » per i quali — come, per esempio, per il Papini (V. il *Saggio sulla Previsione* da lui pubblicato qualche anno fa negli *Atti* della *Società d'Antropologia di Firenze*) — il prevedere è l'unico e supremo scopo di ogni specie d'attività mentale, e per i quali l'indicazione di ciò che *si prevede* è la misura non soltanto di ciò che *si sa* ma perfino di ciò che *si crede*, e costituisce l'unico modo, non solo di provare la verità, ma anche di determinare il significato di qualunque affermazione o dottrina.

Una posizione in certo modo intermedia tra questi due estremi è quella occupata da quei positivisti che, in perfetta conformità collo spirito della dottrina Comtiana. considerano la maggiore o minore portata, o precisione, o certezza delle previsioni, proprie a ogni singola scienza, come il sintomo più caratteristico e il criterio più sicuro per giudicare del suo grado di sviluppo e della sua maggiore o minore distanza dallo « stato di perfezione », raggiunto ora soltanto dalle scienze matematiche e astronomiche.

È appunto tra questi positivisti che si schiera l'autore del presente volume, dedicato in particolare allo studio delle questioni riguardanti i limiti e i fondamenti della previsione nel campo dei fatti sociali.

Di tali questioni un gruppo importante, da lui specialmente considerato, è costituito da quelle che si connettono alla distinzione tra le previsioni propriamente dette — affermanti sempli-

cemente che un dato fatto avverrà, o non avverrà — e le previsioni che si potrebbero qualificare come « condizionali », asserenti invece che un dato fatto avverrebbe, o non avverrebbe, nel caso che un dato altro fatto avvenisse o non avvenisse.

L'importanza di questa distinzione, in riguardo alle scienze sociali, dipende dal fatto che, solo mediante essa si può giungere a riconoscere come l'apparente irregolarità e indeterminazione dei fatti storici e sociali sia compatibile col sussistere per essi di leggi e di uniformità di coesistenza e di successione non meno costanti e inflessibili di quelle che si manifestano nel campo dei fenomeni fisici o meccanici.

Il Limentani insiste nel far rilevare come, anche per le scienze che hanno per oggetto il mondo materiale, a cominciare dalla stessa astronomia, quando si parla di previsioni sicure, basate sulla conoscenza di leggi « necessarie », si pecca d'inesattezza. Una legge, per quanto inflessibile, in quanto non può affermare altro che questo: che ogni volta che si presenta un dato fatto qualche altro ne consegue, non abilita per sè sola a prevedere alcunchè. Essa c'informa soltanto che, *se noi fossimo sicuri* che un dato fatto avvenisse o fosse avvenuto, *noi saremmo anche sicuri* che ne avverrà, o che ne sarà avvenuto. un altro, ma non ci informa minimamente della maggiore o minore probabilità che il primo fatto si avveri, o si sia avverato.

Le leggi non sono, in altre parole, che delle specie di macchine che servono ad utilizzare certe date previsioni, o conoscenze, per ottenerne delle altre; esse non ci fanno prevedere nulla se non in quanto noi prevediamo, o sappiamo, già qualche cosa indipendentemente da esse.

Dal che segue che l'incapacità di arrivare, in un dato campo, a delle previsioni sicure e a delle determinazioni precise del corso futuro dei fatti studiati, non può affatto essere addotta come una prova dell'assenza, in tale campo, di leggi, o del non valere, per esso, il « principio di causalità ». Tale incapacità può infatti anche dipendere da circostanze di tutt'altra indole, per esempio dalla difficoltà di constatare, in ciascun caso speciale, se siano o no presenti tutte le condizioni richieste, perchè ad esso si possa ritenere applicabile una data legge o norma di previsione, oppure dall'impossibilità di isolare o proteggere date successioni di cause ed effetti dall'influenza di circostanze perturbatrici, appartenenti ad altre successioni, parallele ed indipendenti, di cause e di effetti.

Il primo caso potrebbe essere rappresentato dallo stato in cui si troverebbero le scienze mediche se il loro studio, pure conducendo alla precisa determinazione di efficaci modi di cura delle varie malattie, non riuscisse a dare che delle indicazioni mal sicure o fallaci per quanto riguarda la loro diagnosi.

Il secondo caso invece dallo stato in cui si troverebbe l'astronomia se il nostro sistema solare fosse troppo esposto a passaggi o a visite di astri che, pure obbedendo anch'essi alla legge di attrazione universale (come vi obbedisce anche la tegola che casca sulla testa a un pacifico viandante), non avessero dato anteriormente all'astronomo alcuna notifica della loro esistenza o delle loro traiettorie.

Sono di questa seconda specie i casi considerati dal Cournot nella sua classica analisi del concetto di azzardo e di « caso fortuito », analisi che lo portò come è noto a concludere che: « Notre science des causes pourrait se perfectionner au point de ramener la théorie du monde à n'être qu'un théorème de mathématique sans que ce perfectionnement fît évanouir l'idée de fortuité et ses consequences rationnelles ». (F. Mentré, *Vie de Cournot* nella serie « *Philosophes et Penseurs* ». Bloud 1907).

A queste considerazioni, applicabili a ogni genere di ricerca scientifica — tanto per esempio alle statistiche e alle previsioni del buono e del cattivo tempo quanto a quelle sulle crisi economiche o sull'avvenire delle razze umane — altre ve ne sono da aggiungere, aventi valore soltanto per il caso delle scienze sociali.

Il Limentani considera tra le altre quelle che si connettono al fatto che, nella vita degli individui e delle Società, le previsioni stesse o le aspettative, riguardanti il verificarsi di un dato avvenimento, costituiscono alla loro volta un nuovo elemento, o un nuovo fattore, di cui bisogna tener conto nel rispondere alla domanda se quel dato avvenimento, o altri che ne dipendono, finiranno per verificarsi o no.

Chi abbia ben compreso come questo, *e nient' altro che questo,* sia ciò che si afferma quando si dice che gli uomini, o certi dati uomini, possono, colle loro decisioni volontarie, influire, naturalmente fino a un certo punto, sul corso della storia, non trova poi alcuna difficoltà a riconoscere come una tale efficacia della volontà umana non solo è affatto compatibile col sussistere di qualsiasi rigorosa dipendenza o connessione causale tra i fatti sociali, ma rappresenta anzi uno degli aspetti più interessanti e importanti del rapporto di « causalità ».

Un'altra notevole conseguenza metodologica derivante dalle considerazioni esposte dal Limentani sul carattere delle somiglianze e differenze tra le scienze sociali e le scienze fisiche naturali, è quella che riguarda l'impiego delle utopie come mezzo di ricerca.

La costruzione di schemi fantastici di società discostantisi da qualunque tipo reale e conosciuto, sia per le qualità che si attribuiscono agli uomini che le compongono, sia per le condizioni

dell'ambiente nel quale la vita di questi è supposta svolgersi, è stata spesso, e in ogni periodo di coltura, adoperata come uno dei più efficaci mezzi di propaganda a favore dell'introduzione di date riforme, o modificazioni, negli ordinamenti sociali esistenti. Si è anche spesso utilizzato questo stesso mezzo per lo scopo inverso di satireggiare o ridurre all'assurdo (come se ne ha un esempio classico nelle *Ecclesiazuse* di Aristofane) date proposte o progetti di riforma sociale.

Un tale processo di prova e di confutazione non è, se bene si guardi, se non un'amplificazione, o un caso estremo, di quello che è costretto a seguire ogni legislatore che si trovi a dover giudicare della maggiore o minore convenienza di adottare qualche nuovo provvedimento, o di dar vita a qualche nuova istituzione, dei cui effetti o del cui modo di funzionare, l'esperienza del passato, o di altre nazioni, non gli offra alcun diretto mezzo di previsione.

Allo stesso modo, ora, come il processo di ragionamento seguito in tali casi dal legislatore si presta ad essere adoperato anche dallo scienziato che, indipendentemente da ogni considerazione delle possibili applicazioni pratiche delle conclusioni a cui sarà portato, si proponga semplicemente di ricercare quali sarebbero gli effetti di date ipotetiche variazioni sul modo di funzionare di dati organismi sociali, così può anche avvenire del processo più complicato di costruzione delle utopie.

Per uno studioso di scienze sociali la determinazione concreta, e anche minuziosa, di ciò che avverrebbe, per esempio, se, nella nostra società l'istituzione della famiglia venisse abrogata o sostituita con qualche cosa di simile a ciò che è proposto da Platone per i guardiani della sua Repubblica, può presentare un interesse « scientifico » affatto analogo a quello che presenta per il geometra lo studio delle proprietà di uno spazio pel quale cessi di esser vero il quinto postulato di Euclide, o, per il meccanico, lo studio del moto di corpi che, invece di essere soggetti alla legge dell'attrazione universale, si attirassero con forze dipendenti da qualche altra funzione della loro distanza.

Gli economisti della scuola matematica (tra gli altri in modo speciale V. Pareto) insistono spesso nel far rilevare l'analogia che sussiste tra i procedimenti ipotetici da loro impiegati per lo studio dei fenomeni di scambio, e l'impiego che si fa, in meccanica razionale, delle considerazioni relative ai movimenti *virtuali* delle varie parti di un meccanismo (cioè ai movimenti che queste *potrebbero* assumere ma non assumono, nè si ha ragione di credere che assumeranno) per la previsione dei loro movimenti *reali*, e per la determinazione delle condizioni da cui questi dipendono.

Precisamente alla stessa classe di artifici logici appartiene anche l'impiego che essi stessi fanno di un ipotetico Robinson

per lo studio dei fenomeni elementari della produzione e dello scambio, o l'impiego che parimenti si potrebbe fare della favola del Re Mida, o delle rappresentazioni fantastiche del paese di Cuccagna, per combattere i pregiudizi mercantilisti, o per chiarire i rapporti che sussistono tra il valore delle merci e la loro rarità, o difficoltà di acquisto.

Tra gli esempi di ricorso a processi di questa specie nelle scienze fisiche, si può citare la non abbastanza nota fantasia del Torricelli sulle Nereidi (nelle sue *Lezioni Accademiche*) nella quale l'esame del modo in cui dovrebbero condursi degli esseri che vivessero in un liquido di peso specifico superiore a quello del loro corpo e degli oggetti da loro adoperati, è applicata per mettere in luce le deficienze e l'incoerenza del concetto Aristotelico di una distinzione « assoluta » tra corpi pesanti e corpi leggieri, e per dimostrare la relatività di tale distinzione.

Precisamente allo stesso modo la nota novella di Giulio Verne, *Il dottor Ox*, o l'altra più recente, dello stesso genere, del Wells *Nei giorni della Cometa*, — nella quale sono considerate le conseguenze che deriverebbero da un repentino miglioramento, o raddolcimento, del carattere degli uomini, o dalla soppressione brusca delle loro tendenze più brutali, — potrebbero venire utilizzate per mettere in luce la dipendenza che sussiste, anche nel campo morale, tra il pregio che si attribuisce a date azioni e la loro rarità o difficoltà di produzione.

Un altro esempio di applicazione di questo stesso metodo allo studio dei sentimenti morali ci è fornito dall'altra novella fantastica dello stesso autore *L'uomo invisibile*, la quale trova il suo riscontro antico nella favola dell'anello di Gige, già adoperata da Platone nella *Repubblica* appunto per rappresentare, quasi in caricatura, le condizioni in cui verrebbero a trovarsi uomini che riescissero a rendersi indipendenti da ogni freno proveniente dal timore di essere puniti o biasimati per qualunque mala azione che a loro venisse in mente di commettere.

Strettamente affini a queste, per quanto riguarda la loro portata psicologica ed etica, sono pure la numerose variazioni fantastiche del tema del nano fra i giganti o del gigante fra i nani — dall'*Ercole tra i Pigmei* ai *Viaggi di Gulliver*, dalle avventure di Hassan nelle *Mille e una Notti* a quelle di Gargantua, dal *Micromegas* di Voltaire al *Cibo degli Dei* dello stesso Wells — atte tutte a suggerire riflessioni sulla dipendenza delle nostre valutazioni dei diritti e dei doveri, dai diversi gradi di capacità che abbiamo a giovarci e a danneggiarci a vicenda.

Su questo soggetto dell'impiego delle utopie come mezzo di ricerca delle connessioni e dipendenze tra i vari caratteri o le varie manifestazioni della vita sociale — come uno strumento cioè

per istituire, in certo modo, degli « esperimenti mentali » analoghi a quelli di cui si fa uso sotto altri nomi in qualunque scienza sperimentale — ho creduto opportuno di insistere qui un po' a lungo perchè mi è parso che il riconoscimento dell'importanza che, anche nel campo degli studi sociali, va attribuita alle « previsioni condizionali », e della funzione che, nella ricerca di queste, spetta alla costruzione ipotetica e ai processi di deduzione su essa basati, costituisse un carattere del volume del Limentani particolarmente interessante e meritevole di essere rilevato e segnalato.

Roma, 22 giugno 1907.

G. VAILATI

EDWARD WESTERMACK, lecturer of Sociology at the University of Helsingfors - *The origin and development of the moral ideas* (in due Volumi); Vol. 1°, 716 pag. London, Macmillan and Co., 1906.

L'Autore è noto tra i Sociologi principalmente per la *History of Human Marriage,* che è una delle pubblicazioni più importanti che abbiano visto la luce su questo argomento.

Oggetto ora di questa nuova opera del Westermack, della quale è uscito per ora solo il primo volume, è lo studio della origine e dello sviluppo delle idee morali. L'Autore narra come sia stato indotto a questo lavoro: egli discuteva un giorno con alcuni amici la questione fino a che punto l'uomo cattivo debba essere trattato con gentilezza.

Le opinioni erano diverse e, malgrado la migliore volontà, la unanimità non potè ottenersi. Sembrava strano che il dissenso fosse così radicale, e ne sorse allora la domanda: donde la diversità delle opinioni? È dovuta ad una conoscenza difettosa, o essa ha una origine meramente sentimentale? E d'altro canto perchè vi ha in taluni casi un aperto consenso? Non solo, ma ancora: perchè vi hanno delle idee morali?

Da allora più anni passarono, impiegati dall'Autore nella ricerca di una risposta a tali domande: frutto di tali ricerche è l'opera presente.

Essa ha come base investigazioni di vario genere: psicologiche, etnografiche, storiche, giuridiche, religiose: e queste non sono limitate ai sentimenti ed alle idee prevalenti in una data società, ed in un particolare stadio della civiltà, ma hanno come loro materia la coscienza morale del genere umano.

Nello stato presente delle nostre cognizioni, mancando monografie sul maggior numero dei soggetti che un tale studio involge,

la ricerca intrapresa è stata assai forte per l'Autore, e lo sarebbe del resto per chiunque: pur confessando egli che la completezza sul riguardo non possa essere raggiunta, ma considerando l'alta importanza della quistione, ha voluto abbordarla per cercare di portarvi quella luce possibile, ed ha presentato al pubblico il primo volume, frutto di ricerche prolungatesi oltre cinque anni.

L'Autore richiama frequentemente sulla sua autorità i costumi e le idee prevalenti fra gli indigeni del Marocco, fra i quali egli soggiornava per ben quattro anni, allo scopo di studiare le connessioni da lui avvertite in genere fra le opinioni morali e le credenze religiose e magiche: i dati antropologici raccolti da lui, oltre che servire per la presente opera, formeranno materia di una speciale monografia sulla religione e sulla magia degli indigeni del Marocco, che l'Autore pubblicherà in seguito.

Questo primo volume è diviso in ventisette capitoli: noi ne metteremo in rilievo i punti capitali ed i principali argomenti trattati.

La trattazione incomincia con una ricerca di indole psicologica.

I giudizî morali hanno una origine emozionale, anzi i concetti morali nella loro essenza sono generalizzazioni di tendenze in certi fenomeni ad evocare emozioni morali. L'Autore qui tratta della pretesa universalità od *obbiettività* dei giudizi morali, della teoria secondo la quale questi deriverebbero ogni loro importanza dalla ragione « teorica » o « pratica »; egli sostiene che la nostra tendenza ad obbiettivare i giudizi morali, da una parte non è sufficiente fondamento per riferirli alla ragione, d'altra parte è dovuta alla uniforme natura della coscienza morale. A questo proposito il Westermack molto opportunamente ed assai giustamente distingue l'oggetto proprio dell'etica scientifica, che è lo studio della coscienza morale come un fatto, dall'etica normativa che fissa le regole per l'umana condotta. Ne viene che la ricerca tutta dell'Autore rientra nel campo dell'etica scientifica, e non in quello dell'etica filosofica.

Continuando il Westermack distingue due specie di emozioni morali: quelle di *disapprovazione* od *indignazione,* e quelle di *approvazione:* le une e le altre *retributive,* le prime formano una sottospecie di *risentimento,* le altre una sottospecie di emozione *benevolmente retributiva.* L'Autore investiga in che consista il *risentimento,* e sostiene che nel corso della evoluzione mentale la direzione della reazione ostile che accompagna la *disapprovazione morale* sia divenuta più apparente, mentre il carattere aggressivo di essa si sia andato sempre più trasformando; quanto all'*emozione benevolmente retributiva,* l'Autore la studia anche presso gli animali, ne investiga la mancanza di discriminazione che spesso si rinviene in essa, ecc. Seguitando la ricerca sulla natura delle

emozioni morali, il Westermarck rigetta la veduta intellettualistica che sostiene essere le emozioni morali conseguenze dei giudizi morali; egli sostiene che i giudizi morali, essendo espressione definitiva di emozioni morali, ci aiutano a scoprirne la vera natura. Però a noi sembra che egli approfondisca poco una quistione di così difficile soluzione, della quale si occupa molto tutta la ricca letteratura austriaca e tedesca, concernente il valore in generale, ed i valori particolari, morali, estetici, religiosi (intendiamo alludere ai lavori del Meinong, dell'Ehrenfels, dello Eisler, del Brentano, del Krüger, del Lipps ecc...).

Il disinteresse e l'apparente imparzialità sono, secondo il Westermack, le caratteristiche che valgono a distinguere la *disapprovazione* o la *approvazione* morale da altre forme di approvazioni non morali; le emozioni morali hanno ancora un carattere di generalità, come quelle *benevolmente retributive* traggono origine da sentimenti simpatici ed altruistici. Dopo di ciò l'Autore passa all'analisi dei principali concetti morali, e, premesso che questa analisi deve essere considerata coi concetti morali di una mente civilizzata, e dopo alcune osservazioni sui concetti morali nelle razze inferiori e sul linguaggio in genere in rapporto ad essi, egli analizza i concetti: cattivo, vizio, torto, dovere (verbo) e dovere (sostantivo) diritto (aggettivo) e diritto (sostantivo), giustizia ed ingiustizia, buono, virtù, merito.

I punti più importanti, per le ricche e fini osservazioni, negli altri capitoli sono la trattazione intorno al costume ed alla legge in generale, al tentativo, alla irresponsabilità dell'agente non consapevole.

Col capitolo XIV l'Autore restringe le investigazioni alle più importanti forme di condotta, secondo cui è considerata la coscienza morale, e tratta dell'omicidio, dell'uccisione dei genitori, delle persone ammalate e dei fanciulli, dello aborto, dell'uccisione delle donne, degli schiavi, del sacrifizio umano, della vendetta di sangue e della compensazione, della pena di morte, del duello, delle ingiurie corporali, della carità e della generosità, della ospitalità, della soggezione dei figli, delle mogli ed in ultimo della schiavitù.

Tutta quest'ultima parte è oltremodo interessante, giacchè l'Autore ci fa assistere alla evoluzione e trasformazione storica di tutte le maniere di condotta soprariferite, svelandoci le cause e le ragioni intime determinatrici dell'una e dell'altra.

Il Westermack non si serve in questa parte del suo lavoro di un angolo visuale determinato, secondo il quale spiegare le trasformazioni storiche di esse maniere di condotta, come farebbe chi volesse applicare in tale ricerca p. e. la concezione così detta materialistica della storia, o quella ideologica, se così si può dire, od un'altra qualunque, ma studia queste nelle loro reali ed effet-

tive ragioni, senza preoccupazioni ed astrazion facendo da qualunque punto di vista specifico. Ciò accresce pregio alla ricerca, come è facile capire.

Noi non possiamo ora esaminare tutte le conclusioni generali o particolari alle quali è pervenuto l'Autore: nostra intenzione precipua è stata quella di far noto il libro, che si dimostra pel suo contenuto indispensabile per gli studiosi di Sociologia generale e di Sociologia morale in ispecie, costituendo esso una vera miniera di fatti raccolti e classificati, sia dall'osservazione propria dell'Autore, sia da un immenso materiale bibliografico, specialmente inglese, come ancora una ottima fonte di osservazioni e di spiegazioni scientifiche. Ci riserbiamo del resto un giudizio critico sui principali punti e conclusioni del libro ad opera finita.

Palermo.

E. Di Carlo

R. Worms - *Philosophie des sciences sociales.* Vol. III. Giard et Brière. Paris, 1907, in 8°, pag. 306.

A. Small - *General Sociology.* Chicago. *The University Press,* 1907, in 8°, pag. 739.

E. Waxweiler - *Esquisse d'une sociologie.* Misch et Thron, Bruxelles, 1907, in 8°, pag. 306.

C. Nardi-Greco - *Sociologia giuridica,* con prefazione di A. Asturaro. Torino, fratelli Bocca, 1907, in 8°, pagine XXXVIII, 480.

Gli elementi costitutivi della società, secondo il Worms, sono l'ambiente, la razza, la popolazione, i diversi aggruppamenti, il momento storico e gli individui stessi. L'ambiente fisico contribuisce però solo in parte a spiegare la vita della società, perchè l'uomo, a differenza degli animali, riesce a trasformare la natura ed a dominarla. E nemmeno la razza può essere considerata come l'unico fattore dell'evoluzione sociale, perchè la fiaccola della civiltà è passata successivamente nelle mani di diverse razze e perchè nessun popolo ora è costituito da una razza sola. La nozione della razza, se può essere un principio di spiegazione nella statica sociale, nella dinamica sociale dovrà invece essere a sua volta spiegata, perchè per darci ragione dei caratteri etnici di un determinato popolo, dovremo collegarli e cogli ambienti fisici successivamente da questi occupati e cogli avvenimenti della sua storia o coll'azione de' suoi grandi uomini.

La popolazione, la sua varia densità, che se influisce sulla

costituzione economica dei vari popoli ne è a sua volta influenzata, i vari aggruppamenti sociali, l'eredità storica, l'azione degli individui, anche se modesti: ecco, secondo il Worms, i principali elementi dell'evoluzione sociale che si estrinseca e manifesta variamente nel campo dei fenomeni economici, famigliari, morali, religiosi, scientifici, artistici, giuridici e politici, in rapporto ai quali il Worms espone i principali risultati delle moderne ricerche scientifiche.

Secondo lo Small, la sociologia è un tentativo di comprendere e di interpretare la totalità dell'esperienza umana per dedurre da essa quelle leggi che sono necessarie per saperci razionalmente comportare nella vita. Fra tutte le concezioni sociali lo Small trasceglie soltanto ed illustra come le più tipiche quella dello Spencer, dello Schaeffle e del Ratzenhofer, indugiandosi poi a metterne in luce una propria che si aggira intorno ai seguenti concetti fondamentali. L'esperienza umana costituisce, secondo lo Small, un processo determinato dall'associazione: gli elementi di essa sono rappresentati dagli interessi individuali.

Questi interessi sono gli esponenti di determinati bisogni, per soddisfare i quali gli uomini lottano tra di loro, dando luogo col tempo a dei gruppi per scopi di offesa e di difesa sociale. Man mano che il processo di associazione si allarga, si fanno più vivi i contatti fra gli individui e fra i diversi gruppi e la cooperazione e la solidarietà si sostituiscono alla lotta.

Nell'interno di ciascun gruppo le forze che insieme collegano e cementano tra loro i vari individui sono rappresentati dall'imitazione e dalla suggestione reciproca che continuamente spingono gli individui sulla via di un migliore adattamento alle condizioni dell'ambiente esterno e di un maggiore progresso.

Secondo il Waxweiler, ogni essere vivente è, per quello che riguarda i suoi organi, la sua forma e le sue funzioni, sotto la stretta dipendenza di tutti gli elementi — clima, nutrimento, suolo, spazio, luce — e di tutte le impressioni onde consta l'ambiente che lo circonda. Senonchè se lo studio di questa azione dell'ambiente sull'uomo e delle reazioni degli uomini sull'ambiente costituisce l'oggetto delle indagini della biologia, altre azioni e reazioni insorgono tra gli individui d'una stessa specie conviventi in una medesima società. Ed è appunto la sociologia che, secondo il Waxweiler, costituisce la fisiologia dei fenomeni di reazione dovuti a mutui eccitamenti degli individui d'una stessa specie tra di loro.

Se si studiano — sostiene il Waxweiler — i vari elementi che contribuiscono alla formazione della personalità umana, tosto

si vede come essi si possano ridurre ai seguenti: 1) un insieme di adattamenti fisici, che da principio si manifestano per mezzo della serie dei suoi caratteri somatici (statura, colore dei capelli ecc.) ed in seguito per mezzo dell'andatura, delle attitudini, del vestimento, della mimica ecc.; 2) un insieme di adattamenti psichici che conducono l'individuo a reagire in un modo che gli è proprio: maniere di sentire, di pensare, di giudicare, di credere, l'insieme delle quali costituisce ciò che si cerca di designare colle parole: carattere, temperamento ecc.; 3) una specie di *outillage mental*, comprendente il linguaggio, il sapere, le credenze, le regole morali, in una parola, i risultati immagazzinati delle reazioni alle innumerevoli eccitazioni educative.

Ma l'individuo non si limita soltanto a ricevere passivamente le impressioni dell'ambiente esteriore, ma ad esse reagisce anche in una maniera più o meno personale, associandosi ad altri individui ed insieme ad essi cercando di raggiungere determinati fini comuni. Ond'è che il Waxweiler consacra due capitoli del suo libro allo studio delle attività e delle energie sociali, diffondendosi a trattare delle attività connettive, gregarie, ripetitrici, iniziatrici, acquisitive, selettive e dell'interdipendenza e coordinazione sociale, d'onde rampolla la così detta coscienza sociale che risulta formata dalla media dei sentimenti di tutti gli individui di uno stesso gruppo.

Il diritto, secondo il Nardi-Greco, si svolge dalle reazioni collettive compiute dal gruppo sociale contro uno de' suoi componenti, che con la sua condotta ha suscitato in tutti i compagni dei sentimenti di odio (rivalsa, vendetta, ecc.) o di timore per l'avvenire. Le cause di queste reazioni sono: 1) la tendenza generalissima degli esseri viventi a reagire ad ogni stimolo doloroso, compiendo dei movimenti che l'esperienza ha dimostrato atti a produrre la cessazione dello stato doloroso, allontanando lo stimolo; 2) i sentimenti che conducono l'animale alla rivalsa attuale o differita (vendetta) contro tutto ciò che è percepito come causa di dolore, e, secondariamente, il timore di un danno futuro; 3) i sentimenti simpatetici, che spingono a reagire contro chi attacca un compagno.

Queste attività psichiche e psico-sociali, che non si trasformano mai in fatti giuridici nella società sotto-umane, danno luogo nella società umane al diritto, il quale sorge soltanto nei gruppi che hanno raggiunto una certa estensione numerica e presso i quali la produzione rende necessaria la cooperazione per aumentare la sussistenza e provoca una determinata forma economica. Tutte queste cause individuali e sociali rappresentano le condizioni essenziali, sufficienti e generali della produzione del diritto.

Il matrimonio, la famiglia, la parentela, sebben importantissime per spiegare le variazioni del diritto, non ne rappresentano una causa essenziale. Però col crescere della complessità strutturale e funzionale delle forme sociali, nuovi elementi entrano a far parte della causalità del diritto. Così non appena sorge il potere politico, esso esercita una reazione grave ed immediata tanto sulla funzione e la struttura giudiziaria, quanto sul contenuto del diritto.

La religione, l'arte, la scienza, allo stesso modo che la forma politica e le attività a questa relative, ad un certo grado del loro sviluppo sono garantite da particolari norme giuridiche e rappresentano quindi altrettanti scopi o cause teleologiche del diritto. Ma queste cause non sono nè primitive, nè necessarie, perchè i fenomeni giuridici si producono anche in assenza di tali fatti sociali superiori.

Prof. ALESSANDRO GROPPALI
della Università di Modena.

RASSEGNA DI FISIOLOGIA.

Teorie della funzione del cuore.

T. W. ENGELMANN. - *Myogene Theorie und Innervation des Herzens. Die deutsche Klinik etc.* (Sonderabdruck). Berlin und Wien, Urban et Schwarzenberg, 1903. (Qui trovasi citata tutta la bibliografia riguardante l'argomento, fino al 1903).

A. J. CARLSON. - *The nervous origin of the heart-beat in « Limulus » and the nervous nature of co-ordination or conduction in the heart. Amer. Journal of Physiology,* XII, p. 67, 1905.

IDEM. - *Further evidence of the nervous origin of the heart beat in* « Limulus ». Ibidem, p. 471.

(Ved. anche numerosi altri lavori dello stesso Autore sul cuore di « *Limulus* » nei volumi successivi dell'*Amer. Journ. of Physiol.).*

Due teorie si sono contese per decenni il campo, riguardo all'origine e alla natura della funzione cardiaca. L'una, la più antica, sostenuta dai Maestri della fisiologia (Remak, Bidder, Ludwig, Marey, Heidenhain ecc.) e da molti loro discepoli (Kronecker ecc.) del secolo passato, porta il nome di *teoria nevrogena;* l'altra fondata da Gaskell ed Engelmann, e sostenuta anche da molti fisiologi viventi (Fano ecc.), fu detta *teoria miogena.*

Il cuore è uno di quegli organi muscolari che, anche separati dal corpo dell'animale, continuano a eseguire la loro funzione

motoria, purchè siano mantenuti in condizioni opportune; onde per teoria nevrogena non deve intendersi una teoria che ammetta la stretta dipendenza funzionale del cuore dai centri nervosi e dai nervi che connettono questi coll'organo centrale della circolazione sanguigna. Infatti, il cuore separato dall'organismo è sottratto a qual siasi influenza centrale; ed è provato che nemmeno i monconi nervosi del vago e del simpatico hanno alcuna importanza nel determinare le pulsazioni del cuore isolato. I sostenitori della teoria nevrogena invece ammettono che, non i centri nervosi nè i nervi perifici, ma i gangli stessi del cuore (il ganglio di Remak, il ganglio di Bidder, il ganglio di Ludwig) sono quelli da cui dipendono le contrazioni cardiache, dette automatiche, perchè non sono provocate da stimolazioni esteriori, come quelle dei muscoli scheletrici, ma si compiono spontaneamente nell'organo sottratto a qual siasi stimolo. Innumerevoli esperimenti furono fatti per provare questa dipendenza; ma di che natura essa sia non è stato mai stabilito con sicurezza. Alcuni sostennero che i gangli cardiaci, specie quelli di Remak, situati nelle pareti del seno venoso, fossero centri nervosi automatici dai quali partissero ritmicamente impulsi motori atti a provocare nella muscolatura del cuore quelle contrazioni, che si dicono sistoli. Altri invece considerarono i gangli medesimi come centri d'azione nervosa riflessa, a somiglianza dei centri spinali, nel qual caso bisognerebbe ammettere nel cuore stesso stimolazioni ritmiche capaci di eccitare fibre nervee afferenti ai gangli, da cui poi partirebbero gli eccitamenti riflessi destinati a provocare le contrazioni ritmiche nelle cellule miocardiche, giungendo ad esse per fibre nervose efferenti. Di che natura siano gli stimoli, e dove essi propriamente insorgano, e se agiscano in modo ritmico o continuo: tutti questi, ed altri ancòra, sono problemi rimasti fino ad oggi insoluti. D'altro canto, anche l'ipotesi dell'automatismo dei gangli incominciò ad avere poco consentimento fra i fisiologi, quando la teoria dell'automatismo nervoso in generale incominciò ad apparire non più sostenibile di fronte ai nuovi risultati delle indagini comparative sul sistema nervoso centrale.

Sopra un punto furono però tutti i neurogenisti sempre d'accordo: nel negare cioè qual siasi capacità di automatismo motorio alla muscolatura del cuore, di che parve essere prova irrefragabile il fatto che la punta ventricolare del cuore, separata dagli atrii, non pulsa spontaneamente, ma solo quando è stimolata, essendo essa priva di gangli nervosi. Vero è che in alcuni animali inferiori fu trovata cotesta punta capace di compiere, ancorchè con ritmo diverso da quello del cuore intero, contrazioni sistoliche. Ma subito gl'istologi dimostrarono che nelle pareti, se non gangli, nel vero senso della parola, esistono tuttavia cellule nervose; e

quindi i fisiologi s'affrettarono a dire che l'eccezione confermava la regola, che cioè senza cellule nervose non si dànno contrazioni automatiche d'un organo muscolare, e che quindi le contrazioni cardiache sono sempre d'origine nervosa, cioè di natura nevrogena e non miogena.

Io non posso qui nemmeno semplicemente enumerare le prove su cui si basa la teoria nevrogena; ciascuno può agevolmente conoscerle, consultando un trattato qual siasi di fisiologia. Dirò solamente che tutte le proprietà caratteristiche del cuore, quelle per cui parve che quest'organo differisce qualitativamente da un muscolo striato: — la sua proprietà di compiere sempre contrazioni massimali, qualunque sia l'intensità dello stimolo adoperato (Bowditch, 1871; Kronecker e Stirling), detta anche, sotto un altro aspetto, da Ranvier, proprietà del *tutto o nulla;* quella del periodo refrattario (Kronecker e Stirling; Marey 1876); il fenomeno della scala di Bowditch, e dei gruppi periodici di Luciani; il fenomeno della pausa compensatrice, e la tendenza del cuore a conservare il suo ritmo normale (Marey), ecc. — fu ammesso che dipendessero, non da proprietà funzionali specifiche della muscolatura cardiaca, ma dai gangli intrinseci del cuore.

Ma fu osservato che il cuore embrionale dei vertebrati eseguisce pulsazioni ritmiche regolari a un periodo del suo sviluppo, quando ancòra non contiene cellule nervose gangliari (His jun., 1893). Fu questo il germe della teoria miogena, sostenuta poi validamente da Gaskell, da Th. W. Engelmann e da Fano e dai loro discepoli. Secondo questa teoria, gli eccitamenti ritmici che determinano le contrazioni del cuore (e di molti organi muscolari lisci) non nascono nelle cellule gangliari, ma nelle stesse cellule muscolari, e propriamente in quelle che formano le pareti dei seni venosi, anzi che si trovano già nelle parti centrali delle grandi vene sboccanti nel cuore. Queste sono il centro automatico, dove s'inizia l'onda di contrazione, che poi si propaga da cellula a cellula muscolare per tutti i rimanenti segmenti del tubo cardiale, fino al bulbo aortico. Il loro ritmo automatico domina il ritmo di tutto il cuore, in condizioni normali: e le loro proprietà automatiche dipendono dall'essere quelle cellule, per così dire, rimaste quasi a uno stato embrionale di sviluppo, mentre tutta la muscolatura cardiale s'è differenziata ulteriormente, asquistando maggior capacità inogena, ma perdendo in proporzione la proprietà automatica. Oltre all'eccitamento automatico di ciascuna pulsazione, anche la propagazione di esso per tutto quanto il tubo cardiale è di natura miogena, e le fibre nervose del cuore non hanno che farvi; e tale propagazione per via muscolare dagli atrii ai ventricoli è resa possibile dall'esistenza d'un ponte di fibre muscolari, dimostrata in tutti i vertebrati, compreso l'uomo, che

congiunge la muscolatura atriale con la muscolatura ventricolare (Gaskell, Stanley-Kent, His jun.), ed è un residuo embrionale, dell'epoca in cui la tonaca muscolare del tubo cardiale è continua su tutta la parete di esso, prima che si formi l'anello fibroso separante gli atrii dai ventricoli. Data poi la scarsezza delle fibre che costituiscono il *fascio di His,* e, secondo Gaskell, anche la natura embrionale di esse, si spiega anche facilmente il ritardo che, passando per le medesime, subisce l'onda d'eccitamento, e che è causa dell'intervallo che separa la sistole atriale dalla ventricolare.

Queste, le due teorie, in poche parole. Ma se io volessi esporre anche succintamente i soli resultati di tutte le ricerche fatte, specialmente nell'ultimo decennio, dai sostenitori dell'una e dell'altra teoria, non che una breve rassegna, dovrei scrivere un libro. Non c'è infatti questione fisiologica più profondamente e aspramente dibattuta. Tutti i mezzi sono stati tentati, per risolverla, ma inutilmente; e la ragione è manifesta. È facile dimostrare che i muscoli degli arti non si muovono da sè; basta, infatti, recidere i nervi che ne stabiliscono la connessione coi centri nervosi, per vedere che essi rimangono immobili per sempre. Ma nel cuore e negli organi muscolari lisci tale esperimento non può farsi, perchè i centri nervosi gangliari non sono estrinseci all'organo, ma annidati nella trama muscolare delle pareti, dalla quale è impossibile separarli anatomicamente, senza lederne gli elementi. Si noti che, siccome nevrogenisti e miogenisti s'accordano circa la sede d'origine degl'impulsi ritmici del cuore, sede in cui per l'appunto si trovano le cellule del ganglio automatico dei primi e le cellule muscolari di tipo embrionale dei secondi, molti risultati sperimentali allegati come prove indiscutibili dagli uni sono tenuti in nessun conto dagli altri, e viceversa. Per es., gli esperimenti di Stannius e di Bernstein, non provano sicuramente l'origine nervosa degl'impulsi motori, perchè la separazione del segmento venoso dal resto del cuore è separazione non solo del ganglio di Remak, ma anche di quel gruppo di elementi muscolari della parete del seno venoso che degli elementi embrionali hanno conservato non solo l'aspetto citologico ma anche le proprietà funzionali.

D'altro canto, nessuna delle proprietà fisiologiche del miocardio costituisce un carattere peculiare dell'organo, tale che non appartenga pure, in grado maggiore o minore, ai muscoli scheletrici, da una parte, ai centri nervosi, dall'altra.

Nè l'azione dei veleni e di altri agenti chimici e fisici è valsa ad eliminare ogni dubbio: gli uni dicono che i veleni agiscono sulle cellule nervose gangliari, gli altri che agiscono sulla sostanza muscolare, e altri ammettono, in fine, azioni peculiari sulle « giun-

zioni neuro-muscolari », vale a dire su quei punti dove le fibre nervose penetrano nelle muscolari.

La fisiologia comparata non aveva portato finora alcuna prova indiscutibile a sostegno dell'una o dell'altra teoria, perchè in tutti gli animali il cuore è sempre accompagnato dai suoi gangli; anzi, in generale, può dirsi che, come il cuore, ogni altro organo contrattile viscerale è un tessuto di elementi contrattili e nervosi gangliari; si che la questione della genesi nervosa o muscolare dei movimenti così detti automatici di cotali organi (chè tutti ne presentano, se bene diversi siano per ritmo, intensità ecc.) comprende, in realtà, non solo i moti del cuore, ma anche quelli di tutti gli organi muscolari lisci. Qualcuno affermò che il muscolo liscio retrattore del pene (del cane e di altri animali), che pur eseguisce movimenti automatici, sebbene separato dal corpo, fosse privo di cellule gangliari. Ma questa affermazione ha subito la sorte di quelle analoghe di Engelmann riguardanti alcuni tratti dell'uretere, di certe vene ecc.; proprio a me, fautore della teoria miogena, per la quale ho lavorato e combattuto, è toccato dimostrare che nel *M. rectractor penis* del cane esistono cellule nervose gangliari. Nè ciò può far maraviglia, quando si pensi che *formazioni muscolari liscie e cellule gangliari vanno sempre congiunte insieme, in qual siasi animale.*

La questione sembrava giunta, come suol dirsi, sopra un binario morto, quando ecco, un fisiologo americano, il Carlson, trova il cuore d'uno speciale invertebrato, il *Limulus poliphemus,* in cui la massa degli elementi nervosi gangliari è disposta, rispetto al muscolo cardiaco, in modo da poterne essere facilmente separata senza ledere la parete muscolare del cuore. Era proprio il caso di esclamare: eureca!

La scoperta non rimase infruttuosa. Da varii anni il Carlson lavora su quell'organo singolare, ripetendo su esso tutti gli esperimenti fatti sul cuore degli altri animali; e già ha pubblicato più d'una dozzina di memorie sull'argomento, sfruttando sapientemente il prezioso materiale, che noi, del vecchio mondo, non possiamo utilizzare, perchè qnell'animale non vive nei nostri mari [1].

I resultati delle ricerche del Carlson sono disastrosi per la teoria miogena, bisogna confessarlo subito.

Estirpato il ganglio, ogni movimento del cuore, del resto integro, s'arresta per sempre. E non solo i moti cardiaci sono d'origine gangliare, ma la coordinazione dei medesimi e anche la

[1] Il GASKELL, a Cambridge, ne ha ricevuti numerosi esemplari, conservati in alcool, che gli son serviti per i suoi studii sul sistema nervoso ecc. del *Limulus,* e per le sue elucubrazioni circa l'origine dei Vertebrati; ed io nel suo laboratorio vidi, nel 1898, questi animali, quando ancòra non si conosceva la singolare struttura del loro cuore.

conduzione « in the heart of this animal takes place in the nervous and does not take place in the muscular tissue ».

Il cuore privo della massa gangliare, o in cui le connessioni nervee fra questa e il miocardio sono state troncate, « may be made to contract by mechanical or eletrical stimulation, but the contraction always ceases with the cessation of the stimulation ». « I have — dice l'Autore — never observed a spontaneous contraction in heart or part of the heart deprived of the nerve-cord. The presence of the lateral nerves (due tronchi nervosi per cui passano le fibre che segmentalmente connettono la massa gangliare mediana con i varii tratti del tubo cardiale) is not sufficient to maintain the rhythm in the absence of the median nerve-cord. .... *The heart beat in Limulus is, therefore, of purely nervous origin, the result of rhythmic nervous impulses sent out from the median nerve-cord* ».

È necessario che io m'indugi ora sulle osservazioni particolari fatte dal Carlson? Non credo. Mi basti aggiungere che, secondo lui, tutte le così dette proprietà fisiologiche generali del cuore (periodo refrattario, fenomeno della scala, legge del *tutto o nulla* ecc.) dipendono dagli elementi nervosi gangliari, e non dai muscolari, che sono puramente passivi. Un solo punto merita speciale menzione.

Secondo Carlson, la funzione motoria del cuore di *Limulus* sarebbe essenzialmente di natura riflessa; il ganglio cardiaco agirebbe come un centro spinale, giungendovi fibre centripete e partendone altre centrifughe; i processi d'inibizione non si generano nel miocardio, ma nel ganglio, e le fibre inibitorie appartengono esclusivamente ai nervi estracardiaci; esse producono l'inibizione agendo sugli elementi nervosi gangliari, vale a dire arrestando le contrazioni riflesse, non sugli elementi muscolari.

« The nerve-fibres passing from the ganglion-cells in the nerve-cord to the heart-muscle are ordinary motor fibres. They exhibit a very low excitability to the induced current; nervertheless the heart-muscle responds to single induces shocks applied to the nerves. Stimulation of the nerves with the interrupted current produces tetanus of the hert-muscle.

« The ganglion or nerve-cord on the dorsal side of the heart is a reflex centre. Stimulation of the sensory or centripetal nerve-fibres passing from the wall of the heart to the nerve-cord augmente the rhythm, aud may start a rhythm in a heart that is quiescent from exhaustion. There is no evidence of the presence of a local inibitory reflex mechanism ».

Data l'importanza da molti attribuita alla tensione delle pareti del cuore nella funzione di esso, ricorderò ancora che « a certain degree of mechanical tension on the heart walls, or pressure of an indifferent liquid in the cavity of the heart, augments the

rhythm, and may start a rhythm in hearts that are quiescent from exhaustion. These effects are produced only in case the nerve-cord is intact. After extirpation of the ganglion, neither hydrostatic pressure in the heart cavity, nor mechanical tension on the heart walls, produces contractions ».

Finalmente, tutte le sostanze chimiche, dal cloruro sodico agli alcoloidi e ai glucosidi, ai così detti « veleni del cuore », producono i loro ben noti effetti agendo non sulla muscolatura ma sul ganglio.

Dunque, alla teoria miogena è stato dato scacco sotto ogni aspetto; nè voce si leva a difenderla da cotali assalti. Gaskell ed Engelmann tacciono; solo qualche discepolo del secondo rompe ancòra qualche lancia, e forse più in omaggio del glorioso Maestro, che della Verità, che sembra esser passata dall'altra parte.

Rimane, unico rifugio dei miogenisti, il cuore embrionale, che pulsa senza gangli. Mai ahimè, assai diverse sono, nell'embrione e nell'adulto, sia le condizioni funzionali, che i rapporti istologici fra elementi nervosi e muscolari.

L'assenza di cellule gangliari dal cuore embrionale non è stata finora dimostrata con quei delicatissimi metodi recenti, che valgono a scoprire elementi nervosi dove prima non se ne sospettava nemmeno la presenza. Chi sa, se in quello stato sinciziale che caratterizza i tessuti embrionali, anche il cuore non possegga i suoi abbozzi gangliari, che niuno finora ha potuto svelare.

Un'obiezione odo muovere dal campo dei miogenisti: possono applicarsi al cuore dei vertebrati le conclusioni tratte da indagini fatte sugli animali inferiori?

Ma i neurogenisti sono pronti a ribattere: e non applicavate voi i criterii desunti dallo studio del cuore embrionale alla funzione del cuore adulto?

Certo, le funzioni organiche non si esplicano su un identico piano, in tutte le classi dei viventi; ma ciò può dirsi solamente di certi caratteri accessorii, di certe proprietà secondarie; le proprietà fondamentali però non presentano differenze essenziali da classe a classe. Tutta la questione, di cui ci siamo occupati, si riassume in queste parole: gli elementi muscolari del cuore hanno la capacità di contrarsi spontaneamente, vale a dire senza essere stimolati dall'esterno? Pare di no, nel *Limulus*.

Ora è possibile ammettere che siffatta proprietà fondamentale sia posseduta dagli elementi muscolari del cuore di tutti gli altri animali, e solo a quelli del *Limulus* faccia difetto?

Un'altra questione secondaria, ma di poca importanza, è la seguente:

Se la contrazione del cuore è di natura nervosa riflessa, qual'è lo stimolo normale che la provoca? Si noti che lo stimolo può agire continuamente o ritmicamente, perchè, data l'esistenza del

periodo refrattario, anche una stimolazione continua può avere un effetto motorio riflesso ritmico.

Tale questione non è stata ancòra risoluta, nemmeno dagli esperimenti di Carlson.

Fra gli stimoli ritmici normali, sarebbe in primo luogo da ricordarsi la periodica replezione delle cavità cardiache, la quale agirebbe, per la tensione delle pareti del cuore che inevitabilmente produce, press'a poco nel modo in cui la distensione delle pareti alveolari del pulmone stimola le fibre regolatrici del vago. Nel cuore vuoto estirpato e sospeso (alla maniera di Gaskell ed Engelmann), potrebbe ammettersi che il peso della leve agisca come il sangue che s'accumula e gravita sulle pareti del cuore *in situ*.

Fra gli stimoli continui, bisognerebbe in primo luogo mettere certi costituenti chimici del sangue. In un lavoro recente [1] si afferma che il costituente chimico del plasma sanguigno, cui spetta l'uffizio d'intrattenere o ristorare il moto ritmico del cuore, è il cloruro sodico (verosimilmente i sodioioni).

E « it would seem that certain agents, such as the constant current, induction shocks, and mechanical tension, which have been considered capable of producing activity in *heart strips*, owe their power to the solution of sodium chloride used with them ».

Accennerò, da ultimo, a un fatto che avrebbe potuto infirmare alquanto la teoria neurogena prima delle osservazioni del Carlson, ma che ormai non ha più valore. Io ho scoperto che i monconi venosi del cuore di *Emys europaea* eseguiscono due ordini di contrazioni ritmiche: alcune più frequenti, sincrone con le pulsazioni del cuore; altre meno frequenti, identiche con le « oscillazioni del tono » di Fano. Ora, le pareti di quelle vene contengono elementi muscolari striati trasversalmente ed altri lisci, e si può supporre, per ragioni che sarebbe superfluo qui ricordare, che ai primi siano dovute le contrazioni frequenti, e alle seconde le « oscillazioni del tono ». Ma se tanto le une quanto le altre contrazioni non sono di natura miogena, ma debbono essere di natura neurogena, bisogna ammettere in quelle pareti venose l'esistenza di due specie di gangli, per le due specie di contrazioni. Queste due specie di gangli esisteranno, ma non sono ancora stati messi in evidenza.

Inoltre, la stimolazione del vago inibisce le contrazioni frequenti (per brevità e per analogia, dirò le *sistoli venose*), mentre aumenta le « scillazioni del tono »; e la stimolazione del simpatico inibisce le « oscillazioni del tono », mentre aumenta le sistoli venose.

[1] D. J. LINGLE. - *Restorers of the cardiac rhythm. Americ. Journal of Physiol.*, XIV, 5, p. 433, 1905.

Non volendo ammettere nel vago e rispettivamente nel simtico ordini diversi di fibre, bisogna necessariamente ammettere due specie di gangli, di cui dicevo dianzi, e che gli eccitamenti nervei producono effetti antagonistici nelle cellule gangliari in conseguenza della natura diversa di queste, ossia dell'azione diversa che sugli eccitamenti nervei esse esercitano, mentre gli eccitamenti passano per i loro corpi, conforme alla natura diversa di questi medesimi. Sarebbe questo, infatti, uno degli esempi più dimostrativi di quanto il corpo d'una cellula gangliare intercalata sopra un conduttore nerveo possa influire sull'azione nervea che si svolge per l'arco del conduttore stesso. Ma non basta. Bisogna ancòra ammettere che le stesse cellule gangliari, poniamo quelle che governano la funzione motoria delle cellule muscolari liscie, rispondano agli eccitamenti vagali in un modo (aumento della funzione motoria), e in modo antagonistico agli eccitamenti simpatici (diminuzione della funzione motoria).

Come si vede il problema è complesso; ma una metà di esso si riscontra in qualsiasi cuore, specie di vertebrato, che presenta le sole contrazioni sistoliche: la stimolazione del vago inibisce queste contrazioni, la stimolazione del simpatico produce l'effetto opposto, le aumenta. Anche qui, o gli eccitamenti nervei hanno per sè stessi qualche cosa di caratteristico, da rendere ragione degli effetti antagonisti, o le stesse cellule gangliari rispondono in modo antagonistico ad eccitamenti identici, ma che loro giungono per fibre nervose diverse. Chè se, per altro, come voleva Gaskell, l'azione delle fibre vagali e simpatiche si esercitasse direttamente sulle cellule muscolari del cuore, e non sulle cellule nervose dei gangli, come vogliono Carlson e i neurogenisti, la difficoltà sarebbe spostata di sede, ma non diminuita, perchè è altrettanto difficile intendere come mai una cellula muscolare risponda in due modi opposti a eccitamenti giungenti per fibre nervee diverse, se la ragione della differenza non sia già in queste ultime, voglio dire nella natura degli eccitamenti.

Ma la stessa difficoltà s'incontra nei centri nervosi spinali o cerebrali. Ecco un'azione riflessa: certi eccitamenti la attenuano o la inibiscono, altri la intensificano, la esaltano; e pure gli uni e gli altri agiscono (almeno, ciò si ammette dai fisiologi) sullo stesso centro spinale, sulle stesse cellule gangliari che costituiscono il detto centro. Come avviene ciò?

In conclusione, dopo le ricerche del Carlson, io non esito ad esprimere l'opinione che la teoria miogena della funzione cardiaca non è più sostenibile, fino a quando prove sperimentali della stessa forza di quelle dell'Autore americano non vengano addotte a sostegno di essa.

Napoli. FILIPPO BOTTAZZI

RIVISTA DELLE RIVISTE.

L'Année psychologique. (1907). — H. POINCARÉ, « La rélativité de l'espace ». Afferma che lo spazio deve intendersi come relativo in più sensi, anzitutto perchè non vi è modo di fissare in esso una posizione *assolutamente fissa,* poi perchè certe dimensioni potrebbero variare simultaneamente senza che ci fosse dato di accorgercene. Così p. es., secondo l'ipotesi di Lorentz-Fitzgerald, tutte le lunghezze si troverebbero contratte nel senso della traslazione dei corpi, senza che le esperienze ottiche o meccaniche possano mai rivelarci codesta contrazione. La relatività dello spazio può essere intesa in un senso anche più largo; « l'espace est en réalité amorphe et les choses qui sont dedans lui donnent seules une forme ».

[A questa conclusione avemmo già occasione di contrapporre una critica di ciò che è lo spazio, per la quale si mostra che lo spazio significa soltanto « l'insieme di certi rapporti fra i corpi ». Da tale punto di vista l'agnosticismo, accolto dal Poincaré, non ha più ragion d'essere, poichè manca l'oggetto assoluto, inconoscibile, ch'egli contrappone al relativo sensibile. L'ipotesi di Lorentz-Fitzgerald è un puro artificio analitico per eliminare quell'assoluto che è stato introdotto alle basi della teoria elettro-magnetica postulando un etere immobile; al qual postulato si riattaccano tutte le deduzioni concernenti la possibilità di mettere in evidenza il moto assoluto, che le esperienze ottiche hanno sempre smentito].

Revue de Metaphysique et de Morale. (Mai 1907). — E. BOREL, « Logique et intuition en Mathématiques ». Sostiene (contro Conturat) l'ufficio dell'intuizione nella costruzione matematica, rilevando che la Scienza matematica comincia colla scelta che l'intelletto opera fra le formule logicamente possibili.

[Alle considerazioni brillantemente svolte dall'A. ci sia permesso aggiungere un'osservazione relativa al campo dei « Principi », ch'egli lascia da parte, affinchè non si creda essere questo il campo proprio della Logica pura. Anche nelle questioni concernenti i fondamenti delle Matematiche, e soprattutto della Geometria, la cosa più importante è la discriminazione e la scelta dei concetti primitivi, e così anche in questo dominio le vere invenzioni o scoperte debbono essere riattaccate alla facoltà intuitiva: le vedute di Riemann si collegano alla più larga rappresentazione dei fatti dell'Analysis situs, la critica di Klein ad una purificata intuizione visiva dei rapporti della Geometria proiettiva ecc.].

P. BOUTROUX, « La théorie physique de M. Duhem et les Mathématiques ». Analizzando l'ufficio che P. Duhem attribuisce alle Matematiche nella costruzione della teoria fisica, combatte l'opposizione tra fatti fisici e fatti matematici, rivendicando l'ufficio dell'esperienza anche nell'evoluzione delle Matematiche.

[L'incontro fortuito in un medesimo fascicolo degli articoli di Borel e Boutroux è sommamente interessante. Alle opinioni di Duhem ci piacerebbe anche vedere opposta una valutazione più giusta, cioè meno esagerata, del valore delle Matematiche rispetto alla Fisica].

Revue du Mois. (10 juin 1907). — E. BRÜCKER, « La Classe dialoguée dans l'enseignement des sciences naturelles ». Spiega il metodo d'insegnamento delle scienze naturali che consiste nel guidare le osservazioni degli allievi al riconoscimento dei fatti; metodo induttivo ed euristico che toglie di mezzo l'ingombro dei nomi tecnici, esercita le facoltà d'osservazione, educa lo spirito di sintesi. L'applicazione pratica di questo metodo dà resultati eccellenti nelle classi non troppo numerose.

[L'opinione del Brücker ci sembra degna del più largo plauso. L'esempio dovrebbe essere seguito. Il solo ostacolo vero s'incontrerà nella condizione molto più difficile che viene fatta all'insegnante!].

(10 juillet 1905). E. RIGNANO, « La valeur syntétique du transformisme ». Illustra le feconde conseguenze portate nella direzione del lavoro biologico dall'ipotesi dell'evoluzione, ponendo in luce come a questa si riattacchi la posizione dei problemi fondamentali concernenti la vita.

Rivista di Psicologia applicata alla Pedagogia e alla Psicopatologia. (Bologna, luglio-agosto 1907). — MARIO CALDERONI, « La volontarietà degli atti e la sua importanza sociale ». Cerca di definire (da un punto di vista esterno) gli atti volontarii come quelli che « possono essere modificati dalla previsione delle conseguenze ». È condotto di qui a notare contro la tesi dell'inefficacia della pena sostenuta dalla scuola penale di Lombroso-Ferri, che la pena si sperimenta efficace sopratutto verso coloro che non delinquono ma delinquerebbero se quella non fosse.

[Le osservazioni del Calderoni intorno alla responsabilità penale richiedono forse soltanto qualche aggiunta che valga a discriminare i due casi di responsabilità, nel dolo e nella colpa].

Bollettino di Matematica. — (Bologna, agosto-settembre 1907). GIOVANNI VAILATI. « L'insegnamento della Matematica nel primo triennio della Scuola secondaria ». Svolge un programma sperimentale-induttivo di Matematica e ne spiega le ragioni.

[Il programma di Vailati rivela un profondo spirito di pedagogico ed uno studio accurato della questione. Opportunamente non si distinguono in questo programma Geometria ed Aritmetica o Algebra, e si trova modo di far precedere il calcolo letterale all'introduzione dei numeri negativi. Il concetto che nel primo grado d'insegnamento la Geometria debba essere non « intuitiva » ma « sperimentale » od « operativa » corrisponde pure ad una idea che accarezziamo da lungo tempo; e per noi questa idea è giustificata da due ragioni d'ordine diverso: 1° la Geometria intuitiva consueta è più spesso pseudo-logica che intuitiva; 2° si tratta appunto di educare coll'esperienza quella facoltà d'intuizione che costituisce la più alta dote dell'intelletto].

F. E.

Archivio di Fisiologia. (Vol. IV, fasc. III, marzo 1907, pag. 187). — CAMILLO GOLGI, « La dottrina del neurone ». Conferenza tenuta l'11 dicembre 1906 presso l'Accademia delle Scienze di Stoccolma in occasione del conferimento del premio Nobel per la Medicina.

L'A. dimostra che non è corredato di valide prove il principio, così trionfalmente entrato nella Scienza, che la cellula nervosa con tutti i suoi prolungamenti costituisca un'unità cellulare indipendente, tanto dal punto di vista anatomico che fisiologico (neurone).

La rappresentazione che il sistema nervoso sia formato da innumerevoli unità nervose siffatte è contradetta da un fatto anatomico concreto scoperto dall'A., l'esistenza cioè di una rete nervosa di estrema complicazione, che si trova in tutti gli strati di sostanza grigia del sistema nervoso centrale, per quanto con modalità un po' diverse nelle varie provincie, alla istituzione della quale prendono parte tutti gli elementi nervosi, cellule e fibre, per mezzo di propaggini, emananti sotto forma di filamenti sottilissimi, sprovvisti dell'involucro mielinico isolante, decorrenti vicinissime le une alle altre ed aventi frequenti ed estesi rapporti di contatto.

Tali rapporti sono, secondo l'A., più che sufficienti per la diffusa trasmissione delle eccitazioni in ogni senso e per documentare l'azione cumulativa delle cellule nervose sugli organi periferici.

Le cellule nervose sono i centri primitivi ove si svolgono le specifiche attività fisiologiche del sistema nervoso; la rete rappresenta l'organo per il quale si effettua il collegamento tra le diverse parti del sistema nervoso e fra le diverse attività funzionali spettanti allo stesso sistema.

A. D.

NOTIZIE.

Il **36° Congresso dell' « Association française pour l' Avancement des Sciences »**, che già annunciammo nel N. II della Rivista, ha avuto luogo a Reims nei giorni 1-6 Agosto 1907.

Sui lavori del medesimo ci ha cortesemente riferito il prof. De Toni, dell' Università di Modena, che partecipò alla riunione per invito della Presidenza.

L' interesse principale della Società sembra essersi rivolto a questioni di ordine pratico, con quel senso vivo della realtà, che è un carattere dello spirito francese, comune agli uomini della Politica e agli uomini della Scienza. Basta citare ad esempio la relazione di Turfain e Tissot sulle onde elettriche utilizzabili nella telegrafia e telefonia senza fili (sez. di Fisica), le discussioni della sezione botanica sui metodi per la formazione di carte botaniche a grande scala, e quelle della sezione Medica sull' azione dei raggi X nelle diverse malattie della pelle e di altri organi, e della sezione Agronomica sui fenomeni chimici concomitanti l' assimilazione dell' azoto libero per mezzo dell' Azotobacter (relatore Stohloso): infine le questioni dibattute nella sezione di Economia e di Statistica, sulla ripopolazione della Francia, la crisi degli zuccheri e dei vini, la moneta internazionale basata sul grammo d' oro puro, la riforma del diritto di successione sotto il punto di vista morale, nazionale, fiscale, ecc.

Non è già che sieno mancate le comunicazioni di carattere puramente scientifico; ma sembra che queste si sieno rivolte piuttosto a temi particolari (fra cui alcuni d' interesse non dubbio), che a questioni sintetiche.

Vi è qui d' altronde un fatto generale che conviene mettere in luce: il carattere un po' troppo individualistico della produzione scientifica non cede ancora all' opera collettiva delle società, se non sotto l' impulso di comuni interessi di ordine pratico.

Fra questi interessi vediamo con piacere avvertiti dal Congresso di Reims quelli che si riferiscono all' insegnamento. Infatti la sezione Pedagogica ha dibattuto fondamentali problemi intorno al lavoro scolastico, ai viaggi degli studenti, all' insegnamento scientifico, professionale e agricolo nelle caserme, alla profilassi antitubercolotica e al trattamento degl' indisciplinati e dei viziosi, mediante l' ipnotismo e la suggestione.

Il Congresso era diviso in 19 sezioni e all' infuori dei discorsi di prammatica vi fu una conferenza generale sull' osmosi e un discorso sulla Bolivia.

L' assemblea generale si chiuse con voti riguardanti la pubblica igiene, dopo che fu designato Lilla come sede del Congresso pel 1909, la riunione del 1908 essendo già fissata a Clermont-Ferrand.

Il **I. Congresso della Società italiana per il progresso delle Scienze** è stato inaugurato a Parma, con grande solennità, il 23 settembre 1907.

Il presidente Vito Volterra ha letto il discorso d'apertura, illustrando i due aspetti esterno ed interno del progresso scientifico.

Questo discorso sarà pubblicato nel prossimo fascicolo della Rivista.

Il lavoro scientifico del Congresso segna un'attività promettente del pensiero italiano. Citiamo in ispecie: le tre conferenze generali a sezioni riunite, di Ciamician « La Chimica degli organismi », Foà « Il significato biologico dei tumori », Pantaleoni « Quarant'anni di storia dell'Economia »; inoltre i discorsi d'apertura delle singole sezioni, fra cui ricordiamo il discorso sintetico del Righi « Vedute moderne intorno alla costituzione della materia », quello storico del Paternò sui « Congressi scientifici in Italia », quello del Fano sui rapporti fra « Chimica e Biologia » ecc.

Notevoli anche le relazioni presentate; p. es.: il rapporto sulla massa elettro-magnetica del Levi-Civita, quello sull'insegnamento della Matematica del Vailati, ecc.

Si è rammaricato soltanto che la contemporaneità delle riunioni sezionali abbia impedito, a molti che lo desideravano, di partecipare più largamente alle discussioni svolte in quelle su problemi d'ordine generale ed importante.

A questa considerazione si riattaccano le due tendenze intorno alla organizzazione della nuova Società delle Scienze, che si manifestarono nella discussione dello Statuto.

L'organismo ideato dal Comitato ordinatore, cioè la divisione *in sezioni*, parve ad alcuni non rispondente a quell'ideale di unità della Scienza, che ispirò gli stessi promotori e che costituisce la ragion d'essere del nuovo sodalizio. Si proponeva perciò di abolire le sezioni corrispondenti alle discipline particolari e formare soltanto delle grandi classi, che comprendano, p. es.: le scienze fisico-matematiche, biologiche e sociali. Il Congresso statuì una divisione in classi generali, ma mantenne la suddivisione in sezioni, perchè le esigenze differenti del metodo prevalsero nell'opinione di una debole maggioranza.

Le due tendenze sopra accennate s'incontrarono ancora in un'alta questione di principio, quando si trattò di costituire il Comitato scientifico in cui risiederanno i poteri della nuova Società. Si proponeva da una parte che questo Comitato comprendesse, insieme alla Presidenza generale, i presidenti delle singole sezioni, dall'altra che in luogo di questi ultimi vi entrassero dei membri eletti dall'intiera Società. Si voleva per tal modo affermare il principio sintetico unitario, anche nella forma giuridica del sodalizio.

Il Congresso venne ad una costituzione intermedia, ponendo una Giunta eletta dall'intiera Società accanto ai presidenti delle sezioni.

Infine le elezioni delle cariche, in cui il presidente Volterra ed il segretario Sella ottennero l'unanime suffragio dei soci, provarono che la divergenza di vedute portava soltanto sui mezzi e non negli scopi; insomma la Società si è affermata come un organo di reazione al particolarismo scientifico.

Prima di sciogliersi, la Società designò Firenze come sede del prossimo Congresso, che si terrà nel 1908.

Il **II. Congresso della Società filosofica italiana** si è tenuto a Parma fra il 25 e il 27 settembre, contemporaneamente a quello delle Scienze.

Il presidente Federigo Enriques aprì la riunione dicendo brevi parole sul « Rinascimento filosofico nella Scienza contemporanea », quindi Guido Villa tenne la conferenza inaugurale su « L'intellettualismo nella Flosofiia contemporanea ».

Nota carattestica del Congresso fu l'intervento di molti scienziati, e l'intesa che si stabilì fra questi e i filosofi su varie questioni interessanti.

Citando soltanto a memoria, ricordiamo alcune fra le comunicazioni di carattere scientifico.

Quelle di Varisco, Pastore, Padoa, sulla Logica matematica, e le osservazioni che ne seguirono misero in luce fra l'altro che vi sono due modi di considerare la Logica, come un insieme di regole discorsive fissate in uno schema, o come un insieme di operazioni psicologiche.

La comunicazione di Garbasso su « Il calcolo delle probabilità e l'ordinamento giudiziario » fu molto discussa, e nella discussione fu criticato in modo esauriente il fondamento a priori dell'applicazione delle probabilità ai collegi giudicanti; tuttavia la posizione di Garbasso era questa: prendere la probabilità come un' *ipotesi arbitraria* che attende in ogni caso la sua giustificazione dall'esperienza.

Gini parlò pure sulla probabilità, svolgendo una nuova definizione empirica di questo concetto, in modo da evitare le obiezioni mosse a quella di Stuart Mill.

Jona, Di Carlo, Levi A. ed altri parlarono su argomenti giuridico-sociali. Lugaro sulle basi anatomiche dell'intuizione, Della Valle sulla periodicità dell'attività psichica, ecc.

Le comunicazioni filosofiche d'ordine generale. (Troilo, Baratono) e le osservazioni che le seguirono, miseso in rilievo la necessità di accordarsi nella definizione di certi termini, e così, p. es.: di non confondere il Positivismo col Monismo (che è una Metafisica).

Enriques illustrò « il valore della Scienza » rilevando il valore utilitario ed artistico del sapere; ma ponendo soprattutto in evidenza il valore etico della « volontà del vero » che è contenuta nell'ideale scientifico; quindi riattaccò il progresso della Scienza allo sviluppo delle forme di governo cui assistiamo nella società contemporanea (separazione dei poteri, incremento delle commissioni tecniche, ecc.).

Infine anche i problemi pedagogici dettero luogo a discussioni notevoli.

Prima di chiudere i suoi lavori, il Congresso decise l'intervento della Società filosofica al Congresso internazionale, che si terrà l'anno venturo ad Heidelberg; quindi approvò definitivamente lo Statuto sociale.

Pertanto rimane così solidificata l'opera di organizzazione filosofica che trae le sue origini dalla iniziativa di Giovanni Marabelli.

Il **Congresso dell'Associazione fra i professori universitarii** che annunciammo doversi tenere a Napoli (vedi N. II) è stato rimandato.

ALDO TAMPELLINI - *responsabile.*

Bologna — Cooperativa Tipografica Azzoguidi.

IL MOMENTO SCIENTIFICO PRESENTE

E

LA NUOVA SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE.[1]

È trascorso ormai più che un trentennio dacchè in Palermo si tenne l'ultimo Congresso degli Scienziati Italiani. Come la mitica valchirie, la nobile istituzione dopo il lungo sonno si desta e saluta il sole nuovo che le splende dinanzi.

Nel periodo da allora trascorso le condizioni materiali e morali d'Italia si sono profondamente modificate, mentre il pensiero scientifico universale si è svolto e maturato in modo rapido e sicuro. L'insieme dei fatti scientifici nuovi manifestatisi in questo pur così breve lasso di tempo ha rinnovellato, in una con le abitudini della vita, l'indirizzo generale della cultura, ed h sviluppato e consolidato un sentimento tutto nuovo, moderno e originale, che chiamerei sentimento scientifico, il quale domina beneficamente la nostra epoca, come altre forme non meno universali di sentimento hanno dominato in epoche passate. Questo sentimento, che ormai pervade ogni manifestazione di vita sociale, patrimonio così dei grandi come degli umili, è frutto della genialità degli spiriti più eletti a cui si devono le grandi scoperte e le grandi idee, e della feconda attività pratica della intera società odierna, che indefessamente le applica. Alla sua opera animatrice si deve oggi il risveglio delle più sane e vitali energie. È desso il giovine eroe al cui appello risorge anche l'antica nostra Associazione.

[1] Quest'articolo riproduce integralmente, salvo i ringraziamenti di prammatica, il discorso con cui il presidente Vito Volterra ha inaugurato il 1° Congresso della Società italiana per il progresso delle Scienze (Parma. 23 settembre 1907). [*N. d. D.*]

Si può affermare che il concetto della scienza ed il valore di essa presso il pubblico sono oggi profondamente cambiati rispetto solo ad un mezzo secolo fa.

Infatti le più moderne scoperte, quelle stesse a cui la maggior parte della nostra generazione ha assistito, furono viste da tutti (a differenza di quel che avveniva più frequentemente pel passato) nascere e svilupparsi nei gabinetti scientifici e di qui diffondersi nelle officine e invadere il campo della vita pratica.

Perciò il momento storico che attraversiamo ci colpisce con lo spettacolo della moltitudine che, affascinata da quelle invenzioni, che in poco tempo furono fonte di tanto benessere e di tanta ricchezza e influirono così profondamente sui costumi e sulla coscienza sociale, cerca di impossessarsi delle verità scientifiche nel loro insieme, conoscerle nei particolari e, quel che più preme, attende dalla scienza il progresso materiale e morale.

È forse questo stato d'animo di attesa, caratteristico dell'epoca presente, ciò che più alimenta il sentimento a cui ho alluso.

Cercherò di caratterizzare quanto ho affermato con un confronto a tutti famigliare: il confronto che si può istituire fra lo sviluppo delle macchine a vapore e quello delle macchine elettriche.

Storicamente l'uso delle prime ha preceduto l'uso delle altre; infatti il diffondersi delle applicazioni pratiche elettriche e il conseguente trasporto dell'energia è, come tutti sanno, opera dell'ultimo trentennio.

Watt e Stephenson erano due pratici, che col loro genio sono assurti dall'officina all'accademia delle scienze ed all'alta industria; essi attestano che, almeno nel periodo eroico di creazione delle macchine a fuoco, fonte dei più ingegnosi e famosi trovati fu l'officina stessa. Solo in seguito la scienza, scrutando il funzionamento delle macchine industriali, costruì quel mirabile monumento che accoglie tutti i fenomeni della natura e li domina con i concetti della termodinamica.

Fu il contrario per l'elettricità.

La pila già pronta per le sue svariate applicazioni procede direttamente dal laboratorio di fisica dell'Università di Pavia. Faraday col principio dell'induzione getta le basi

di tutte le applicazioni elettriche, dalla dinamo al telefono. L'anello di Pacinotti, il campo rotante di Galileo Ferraris, la scoperta delle onde elettriche sono frutto di studi dei gabinetti scientifici.

In breve, mentre la scoperta delle macchine termiche fu il punto di partenza di tante ricerche teoriche, fu invece la elettrodinamica teorica che direttamente creò le varie e meravigliose applicazioni della elettricità.

In questo caso, come in tanti altri, la storia delle parole riassume e rispecchia quella di una lunga e lenta evoluzione di idee. Così la temperatura, che originariamente fu una vaga e rozza espressione delle condizioni atmosferiche, a poco a poco si concretò e determinò scientificamente, fino ad esser concepita dalla termodinamica come il fattore integrante d'una espressione differenziale. Invece il concetto di potenziale, che con i sottili procedimenti del calcolo integrale Laplace creò in meccanica celeste, fecondato poscia dalla mente di Gauss, trapiantato dal genio di Green nel campo della elettrostatica, introdotto da Kirchoff in elettrodinamica, doveva venire ai nostri giorni, col nome di voltaggio, trasportato dalle bocche dei più umili lavoratori in ogni più lontana e remota plaga, fin dove una lampadina elettrica brilla la notte in un povero villaggio.

Così, discendendo in ogni categoria di persone ed ovunque diffondendosi, giovandoci ed aiutandoci in ogni circostanza dell'esistenza, ravvivando ed intensificando tutta la nostra vita, le applicazioni elettriche ci mostrano ad ogni istante (come nulla potè più assiduamente ed efficacemente farlo finora) la potenza della ricerca scientifica e la utilità delle più astratte meditazioni.

Mentre in tal modo si è stabilita una corrente continua che unisce la vita pratica e quella scientifica, per naturale corrispondenza e per virtù intima di cose, coloro che fanno professione di scienza si sono sentiti attratti verso la moltitudine degli uomini; la loro esistenza non resta chiusa nei laboratori e nei gabinetti di studio, essi si sentono costretti a porsi in contatto intimo e quotidiano con la società ed a partecipare alla vita che agita il mondo.

Così anche la fisonomia dello scienziato moderno si è grandemente mutata rispetto a quella del dotto di pochi anni fa.

La mente, per stabilire un confronto che caratterizzi due tipi spiccatamente opposti, si volge verso due uomini sommi, i quali hanno abbracciato con il loro genio tutto il mondo fisico: Gauss e Lord Kelvin.

L'uno, che meditò solitario cinquanta anni, non avvicinato nè avvicinabile, nella modesta Gottinga, dando alla luce solo ciò che ritenne compiuto e perfetto, mentre serbò gelosamente celati, o confidò in segreto a stretti amici, i pensieri più nuovi ed originali, che più tardi suscitarono tanto clamore e tanta rivoluzione d'idee; l'altro, il maggior scienziato oggi vivente, che portò la feconda multiforme sua attività nei due mondi e che ardimentoso affrontò e divulgò le più originali e singolari teorie che si presentarono al suo genio, mentre la sua vita, mescolata sempre al grandioso movimento moderno dell'Inghilterra, fu aperta all'universale ammirazione.

Eppure, quanti punti di contatto fra i due scienziati! Se Lord Kelvin unì l'Europa e l'America col telegrafo transatlantico, Gauss per primo immaginò il telegrafo elettrico che collegò il suo osservatorio col gabinetto di fisica dell'amico Weber. La limpida geometrica eleganza della teoria delle immagini di Lord Kelvin è solo paragonabile alla armoniosa divina bellezza delle proprietà dei numeri che Gauss scoprì.

Non la forma del genio dunque, ma il carattere e più che altro l'ambiente diverso in cui vissero fu l'origine di tanta differenza.

L'intima connessione della scienza con la vita pratica non ha peraltro diminuito il carattere maestoso e solenne di quella, carattere che nutre ed avviva quello che già ho chiamato sentimento scientifico.

Quei moderni portentosi ed immani edifici, non fumanti e strepitosi come le antiche officine, bensì luminosi e tranquilli, ove le dinamo, giganteschi monumenti dell'epoca presente, compiono rapide e silenziose l'opera loro, rievocano per l'augusta, solenne ed austera grandiosità i monumenti di un'altra epoca: le vetuste cattedrali che ergono al cielo le loro mirabili guglie. Sotto le aeree arcate, che l'arte del medio-evo elevò, l'anima si riempie di una commozione solenne che ci fa sentire le aspirazioni ed i palpiti dei lontani secoli. Una commozione altrettanto grande e profonda invade chi penetra nel loco sacro dell'industria moderna ed ei sente

suscitarsi nel cuore un'onda di fiero compiacimento e un sentimento di serena fiducia che gli fa guardare sicuro in faccia all' avvenire.

Del recente movimento della scienza verso le pratiche applicazioni l' Italia forse si giovò meglio di ogni altro paese, ond' è che quel sentimento scientifico a cui poc' anzi alludevo, sebbene qui più tardi che altrove sviluppato, fa sotto i nostri occhi sempre più rapidi e lusinghieri progressi.

Era, non son molti anni, ben triste la nostra condizione economica; ma per virtù di uomini e di cose essa risorse in modo mirabile ed inaspettato: una fonte inattesa di ricchezza scaturì abbondante dall' industria che si credeva negata al nostro paese dalla stessa natura.

Allorchè all' Esposizione di Torino del 1884 vennero alla luce i primi trasformatori elettrici, quegli apparecchi, che furono paragonati all' organo rudimentale di ogni meccanismo, la leva, il seme da cui doveva nascere tanta ricchezza era gettato: la energia che i nostri monti e i nostri fiumi serbavano si riversò nel piano e animò mille operose officine e penetrò benefica nelle nostre città.

I fili che vediamo stendersi come in una rete sopra le nostre abitazioni e slanciarsi lontani sono il documento più eloquente della nostra prosperità economica. Nella solitaria campagna romana essi corrono paralleli ai superbi acquedotti. Al genio di Lord Kelvin, che li mirò in un fulgente crepuscolo, essi parlarono un linguaggio altrettanto solenne quanto le maestose vestigia dell' antica potenza dell' Urbe.

Ho cercato fin qui di descrivervi nei brevi confini che mi erano concessi e nel modo che le mie forze consentivano l' effetto che il mondo moderno ha risentito dal recente sviluppo scientifico ed ho brevemente accennato alla evoluzione che lo scienziato ha subito; ma ho potuto mettere in luce (e solo fuggevolmente) un lato appena del gran quadro che le scienze presentano: quello che può considerarsi come il lato esteriore; l' interiore, che senza dubbio offre il maggiore interesse, è rimasto così completamente nascosto.

Eppure il valore della scienza non consiste solo nella sua pratica utilità nè la forza di essa ed il suo punto di appoggio stan solo nel pubblico che si giova dei suoi risultati e ne intuisce con ammirazione le vive sorgenti.

Il valore della scienza, che ha ispirato tanti profondi pensieri e tante pagine eloquenti al Poincaré, si rivela eziandio con altre forme ancor più nobili ed elevate: si rivela per gli stessi intimi caratteri del lavoro scientifico, per le soddisfazioni che esso procura. Nella pura e disinteressata ricerca della verità, che ne è il fine supremo, la gioia maggiore pel sereno ricercatore sta nell' apprendere, non nel sapere.

Ma non è mio compito di parlarvi del movimento interiore delle scienze. Le conferenze generali che vi terranno chiari scienziati, le quali toccheranno i tre grandi rami delle scienze fisico-chimiche, di quelle biologiche e delle sociali; i discorsi di apertura dei presidenti delle singole sezioni, i rapporti sui progressi dei vari capitoli delle diverse discipline, le comunicazioni originali e le discussioni; insomma l' intero lavoro del presente Congresso, quello solo potrà presentarvi lo spettacolo di quanto vive e palpita nell' interno del mondo scientifico; vi mostrerà quali sono i misteri che febbrilmente si cerca di svelare, le vittorie conseguite, le delusioni sofferte, che, per quanto crudeli, non debbono dissimularsi.

Il momento attuale non sarebbe nemmeno opportuno per uno sguardo sintetico sulle varie discipline: troppe positive e fondamentali scoperte si vanno rapidamente accumulando ed attendono di essere classificate, connesse tra loro ed organizzate, mentre una critica profonda, acuta e, direi quasi, spietata, scrutando e anatomizzando ogni singolo atto del pensiero ed ogni forma di speculazione, mina tanti sistematici edifici che ieri sembravano ancora dover sfidare i secoli, oggi formano grandi e sparse rovine, su cui vi è già chi cerca sollecito di ricostruire.

Ma non mi è possibile di passare sotto silenzio e di non ricordare ciò che ogni attento osservatore conosce già per propria esperienza: cioè che quasi tutte le discipline scientifiche traversano oggi una grande crisi, crisi delle condizioni in cui si elaborano, crisi del pensiero filosofico che le informa.

Si manifesta la prima con un singolare contrasto: mentre da un lato il bisogno di raggiungere un' abilità tecnica rende necessaria la specializzazione e la divisione del lavoro scientifico, giacchè una intera vita è in taluni casi appena sufficiente per acquistare quelle attitudini senza le quali nessun

progresso positivo è possibile; dall' altro le diverse discipline si sono talmente compenetrate, che non si comprende al dì d'oggi come si possa avanzare nell'una senza conoscerne, e profondamente conoscerne, molte altre e non quelle sole che si ritenevano or son pochi anni affini, ma anche delle nuove, rivelatesi ora strettamente connesse. Il lavoro collettivo che si manifesta più intenso e diffuso nelle scienze maggiormente progredite, come l' astronomia, la creazione di grandi scuole che si aggruppano attorno ad uomini di genio, come avviene nei paesi più avanzati, tendono bensì a coordinare e disciplinare le individuali energie, ma l' equilibrio da cui solo potrà scaturire benefica quella economia degli sforzi a cui tutti aspiriamo, è ben lungi dall' essere raggiunto.

Ciò però non costituisce che uno degli aspetti con cui si manifesta la crisi a cui abbiamo accennato; l'altro, che interessa il pensiero filosofico, impressiona e colpisce ancor maggiormente.

Che le ipotesi siano un mezzo e non un fine nella scienza, che si possa abbandonare domani quella che oggi fidenti abbracciamo, è antica persuasione; tanto antica che già per gli astronomi greci ogni ipotesi cosmica era accettabile, purchè potesse servire a calcolare la posizione degli astri.

Ma il periodo storico attuale si differenzia da quelli che precedettero perchè, non solo le singole ipotesi, ma anche i grandi principii, taluni dei quali non si discutevano più ed erano universalmente accettati e quasi come dogmi insegnati, sono divenuti subitamente oggetto di discussione e di critica, mentre vecchi sistemi, che sembravano da lungo tempo e per sempre seppelliti, ad un tratto inaspettatamente risorgono.

Forse agli occhi dei nostri posteri il momento storico attuale apparirà come a noi quello del Rinascimento, in cui il concetto del sistema del mondo cambiò la base stessa su cui era poggiato.

Centro del movimento critico moderno, il quale ha condotto all'attuale periodo di perturbazione, è stato indubbiamente negli ultimi anni la matematica.

È appena un secolo — osservava acutamente il Mittag Leffler, scrivendo le belle pagine dedicate alla memoria di Abel — che questo grande analista proclamò apertamente essere la matematica fine sufficiente a sè medesima e portare il suo

ideale in sè stessa. E pure, può aggiungersi, non vi è secolo in cui la matematica si sia più largamente diffusa al di fuori dei limiti della sua intrinseca attività ed abbia fecondato campi così lontani dal proprio, mentre suscitava una nuova e fiorente filosofia.

La matematica, ripiegandosi su sè medesima, come pensava Abel, onde costituire prima e consolidare poi quella teoria delle funzioni e quella geometria che furon il fondamento delle ricerche degli ultimi anni, condusse a tal perfezione l'analisi del pensiero con l'esame assiduo e profondo dei propri concetti e dei mezzi di cui dispone, che questi acquistarono tanta acutezza, flessibilità e potenza da penetrare e commuovere tutta la speculazione scientifica e filosofica.

È così, per citare un solo esempio famoso, che uno scritto di carattere schiettamente geometrico del Beltrami, il quale attingeva le sue origini alle ricerche di Gauss, di Lobatschewski e di Riemann sulla geometria non euclidea, fu di tanto universale importanza da rischiarare di novella luce la teoria della conoscenza e i fondamenti della logica stessa.

La critica moderna dei matematici è penetrata trionfalmente nelle scienze fisiche e vi ha determinato nuove correnti di pensiero.

La meccanica fu la via attraverso la quale il nuovo indirizzo penetrò. Non è nuova del resto per questa scienza la funzione che ha così esercitato.

Ma un fatto capitale è pure intervenuto che tende a mutare la posizione stessa di questa disciplina nel campo delle scienze fisiche.

Noi tutti della nostra generazione (possiamo apertamente dirlo) fummo educati con quei principii che un moderno vocabolo chiama meccanicisti; ed infatti, che tutti i fenomeni, almeno quelli studiati dalla fisica, potessero ricondursi a fenomeni di moto e tutti rientrare nell'orbita della meccanica classica, era un dogma a cui ogni scuola si inchinava e la cui origine si perde nella lontana filosofia Cartesiana.

Ma un poco per volta le teorie meccaniciste si sono trasformate; le difficoltà si sono accumulate; le idee iniziatesi con Rankine, così strenuamente sostenute dal Mach (il quale però occupa una posizione distinta da tutti nella filosofia delle scienze), proseguite da Ostwald, dal Duhem e da altri, si son

fatte strada; e molti han combattuto sotto l'insegna che portava il motto celebre: guerra contro la mitologia meccanica.

La energetica si formò ed essa classificò la meccanica a lato delle altre scienze fisiche e non più base comune di queste. Una nuova comune base si costituì poggiata su principii più larghi e più comprensivi.

Quest'orientamento di idee, oggetto di tante dispute e discussioni di matematici e di naturalisti, non rappresenta però il limite estremo a cui si è pervenuti. La critica dei fisici matematici, che ci appare come la osservazione ultramicroscopica, rispetto a quella ordinaria del microscopio, scruta ora e discute questi stessi principii dei quali è giunta a diffidare.

In verità i concetti moderni sulla costituzione elettrica della materia, mentre sotto un certo aspetto appaiono connessi alle idee atomiche e cinetiche, e come un ritorno a principii simili a quelli dell'antica meccanica fisica, portano d'altra parte sui concetti di massa e d'inerzia, posti da Newton a base di tutta la filosofia naturale, sul principio di relatività e sugli altri fondamentali una profonda rivoluzione; talchè ben si comprende come molti possan sospettare che i principii stessi dominanti un mezzo secolo fa mal resistano alla bufera che sembra travolgerli.

Questa crisi si riverbera su tutte le scienze della natura; ed intanto, così in cielo come in terra, mille cose si rivelano che la filosofia non sognava: dall'azione della luce sul movimento degli astri, alle nuove fonti del calore terrestre.

Se si riflette inoltre che a poco a poco le teorie che han per fondamento la emissione sembrano risorgere, mentre pochi anni fa unica vittoriosa padrona nel campo dei fenomeni che si propagano a distanza era la teoria ondulatoria, il sentimento di sorpresa si accresce ancora, vedendo accanto a così nuove e inattese speculazioni apparire, non meno inattesi, antichi concetti, come spettri sorgenti da sepolcri ritenuti ormai chiusi.

Forse ancor più che nella fisica stessa la rivoluzione delle idee si manifesta nella scienza sorella: la chimica; ove i nuovi concetti sulla costituzione dell'atomo da molti sostenuti e i dubbi che altri invece manifestano sulla sua stessa esistenza, trasformano e sconvolgono le antiche e classiche teorie; ove il sogno degli alchimisti risorge pieno di tanti misteri e di

tante promesse; ove un nuovo fiorente ramo, la fisico-chimica, ricco di risultati e di speranze è spuntato.

Nel vergine campo della fisico-chimica si sono incontrate le più opposte tendenze ed è ben difficile stabilire a quale di esse si debbano i risultati di maggiore interesse. Infatti, se da un lato le teorie schiettamente cinetiche originarono le scoperte di Van der Waals, dell'Arrhenius e di tanti ancora, d'altro canto la energetica ha qui trovato non da distruggere o mutare, ma da edificare fruttuosamente ed in questo campo il suo benefico influsso si è fatto profondamente sentire.

Vi è un tipo caratteristico di ragionamento che non esiterei a chiamare energetico. Potente e fecondo, rimonta con le sue origini a Carnot ed al suo memorabile ciclo; esso domina sovrano in tutta la fisico-chimica teorica, e le dottrine che ad esso si inspirano hanno avuto le più importanti conseguenze. Ma le applicazioni di questo ragionamento di tipo energetico si sono estese molto più lontano ed in scienze diverse e non potrei non ricordare che il risultato a mio avviso più caratteristico e suggestivo della economia matematica, cioè la dimostrazione generale che la equazione differenziale dell'equilibrio economico è illimitatamente integrabile, può fondarsi sopra di esso. È da presumere e da sperare che ben altri risultati ancora possano ricavarsene.

Questo accenno mi condurrebbe naturalmente a parlare dell'influenza che esercitano i metodi matematici sulle scienze morali e delle trasformazioni ed innovazioni che vi determinano, ma in tal modo varcherei i limiti che mi sono prefisso.

E questi limiti mi consentono solo di affermare fuggevolmente che la giovane fisico-chimica, di cui abbiamo discorso, ha apportato alla fisiologia un contributo di fatti nuovi, origine di un nuovo indirizzo di idee.

Ed a proposito delle scienze biologiche dirò soltanto di volo della grande crisi che colpisce i concetti fondamentali della vita, della evoluzione, della eredità e che ha portato tanta perturbazione nella dottrina del Darwinismo, il quale dopo esser stato la guida delle menti per un mezzo secolo, ora, dopo le più recenti ricerche del de Vries e di altri botanici e zoologi, sembra perdere non certo l'importanza, ma forse la preponderanza che un tempo gli era riconosciuta.

Diversi sono i fattori che hanno cooperato e cooperano a questa trasformazione di pensiero, nè io posso nemmeno

accennarli; ma certo la osservazione attinta a tutte le sorgenti della scienza e della pratica, i nuovi metodi sperimentali della chimica fisiologica e, non ultimi, quelli della biometria (fonte sempre più apprezzata di risultati positivi e di leggi ben definite e sicure) preparano per le discipline blologiche una nuova era.

E mi sembra di vedere delinearsi ancor vaghi e lontani dei metodi che forse un giorno potranno avere una larga applicazione.

Il concetto di funzione, che dominò la matematica nell' ultimo secolo, si è esteso, ed a questa estensione si riattaccano nuove questioni che condussero ad utili risultati. Già si intravede, come osserva il Picard, che dipendentemente da essa possa costituirsi una meccanica della ereditarietà, la quale, contrapponendosi a quella classica, riesca a rappresentare con maggior precisione i fenomeni elastici, magnetici e gli altri, in cui la isteresi ha sì grande importanza.

A quale avvenire, io mi domando, questa meccanica potrebbe essere un giorno destinata, se riuscisse a penetrare nel campo dei fenomeni biologici?

Ma non è prudente fare alcuna profezia. La storia della scienza insegna che è bastata talora la scoperta di un tenue fatto positivo nuovo per sconvolgere tutte le previsioni che sembravano meglio fondate. Le estrapolazioni in un campo in cui le leggi sono incerte od ignote è un pericolo al quale io intendo sfuggire.

Ma è pur tempo che io chiuda il mio dire e che riassuma il mio pensiero.

Due fatti ho voluto mettervi contemporaneamente dinanzi agli occhi: l'avvicinamento tra il pubblico e gli uomini di scienza, dovuto allo stato d'animo che nell' uno e negli altri ingenera il sentimento scientifico dominante nel mondo odierno; e la grande crisi che agita oggi tanti rami del sapere. All' uno ed all' altro di essi corrispondono nuovi bisogni della umana società, bisogni cui ogni paese civile deve soddisfare se non vuole che si arresti o languisca la propria vita intellettuale e che si inaridiscano le fonti della propria prosperità.

La crisi interiore che agita e trasforma tante dottrine rende necessaria l'ampia, libera e diretta discussione fra gli studiosi, determina in essi l' urgenza di manifestarsi personal-

mente i pensieri che li occupano, i dubbi che li tormentano, le difficoltà che li arrestano, le speranze che li sospingono. I libri e le memorie non servono, nè mai potranno servire a tal fine; il bisogno sta precisamente nel dire e nell' apprendere quello che non si osa ancora di pubblicare o che non si pubblicherà mai.

Le antiche accademie sono un campo troppo chiuso, gli istituti di insegnamento hanno già altri intenti determinati, le singole società scientifiche sono un terreno troppo ristretto per prestarsi a questi scopi; essi, solo possono conseguirsi in seno ad una vasta associazione che raccolga i cultori di tutte le discipline, qual' è quella che noi oggi inauguriamo.

D' altra parte ogni giorno vediamo moltiplicarsi le opere e le riviste scientifiche che si rivolgono al gran pubblico, il quale accorre sempre più frequente e curioso alle conferenze ed alle lezioni popolari.

Ma, come nasca e si formi il pensiero scientifico e come l' idea dapprima vaga si determini e si concreti nella mente dello studioso, questo nessun libro potrà mai dire, nessun discorso potrà mai rappresentare, nel modo stesso che le preparazioni di un museo zoologico non potranno mai darci l' idea della vita.

Ebbene, tutto ciò che il pubblico non può apprendere nè da libri nè da discorsi, si paleserà quando esso assista e si mescoli alle discussioni degli uomini di scienza, giacchè son le dispute spontanee e vivaci, che mostrano sotto la luce più naturale e più vera il germogliare e l' esplicarsi di quei pensieri che di solito un troppo sapiente artificio divulga.

Non questo solo però il paese richiede alla istituzione che sorge; non la sola soddisfazione della curiosità di sapere, ma proficuo incoraggiamento e sprone ad ogni fecondo studio e ad ogni nuova e vitale ricerca. Gli uomini dedicati alle industrie, ai commerci, alle pratiche professioni, innumerevoli richieste hanno ogni dì da rivolgere alla scienza, la quale è di continuo premuta da un' onda crescente di persone che sperano da lei la soluzione dei nuovi problemi che lor si affacciano complessi e incalzanti e la invocano vittoriosa delle difficoltà ognora risorgenti.

Solo dinanzi ad una Associazione come la nostra, la quale, aperta e liberale, accoglie le più diverse categorie di uomini, tali questioni, che tanto interessano la scienza e la pratica,

potranno essere efficacemente poste, giacchè il porle soltanto richiede necessaria la cooperazione delle varie tendenze. Ai laboratori e agli istituti scientifici spetterà poi il compito di maturarle e risolverle.

È perciò che con viva e sincera fede, con caldo entusiasmo, il Comitato ha promosso la nuova Associazione e vi ha qui convocati e gode ora nel vedere quanto numerosi siate convenuti, dalle scuole, dai laboratorii, dalle pratiche occupazioni.

Eguale ardore anima tutti per la nascente Società, che coi nostri voti consacriamo a grandi e nobili fini; con eguale speranza ci arridono le sue sorti; il suo avvenire ci appare legato all' avvenire stesso della patria che sicura muove verso i suoi alti destini.

Nel terminare, il pensiero mi corre spontaneo al raffronto cui poc' anzi accennai fra l'epoca presente e il periodo del Rinascimento. Allora, nel mirabile rinnovellarsi di tutte le attività intellettuali, l'Italia divenne il centro del pensiero scientifico universale. Io lancio oggi l'augurio che sorte non meno grande ci sia riserbata, oggi che il sorgere ed il plasmarsi della schietta e genuina anima italiana ha ravvivato tutto il nostro pensiero e ci ha restituita l' antica patria.

Università di Roma.

VITO VOLTERRA

LA THÉORIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE DE L'UNIVERS

I.

C'est un fait connu que les électriciens sont des gens ambitieux. Après des débuts modestes dans la science, puis dans l'industrie, ils ont peu à peu élargi leur cercle, et aujourd'hui on les rencontre partout. Personne ne s'en plaint, car, pour réussir, ils ont choisi le moyen le plus honnête et, en somme, le plus sûr: ils se sont partout rendus utiles, en attendant de devenir indispensables.

Cependant, on leur reproche encore de temps en temps d'utiliser des phénomènes dont la nature leur est inconnue. Le « *mystérieux fluide* » revient encore souvent sous la plume des journalistes, et cela, quelquefois, avec une intention désobligeante pour l'électricité. Qu'un accident se produise dans une usine pourvue d'une installation électrique, et que l'on croie avoir quelque raison d'en attribuer la cause à l'électricité, il se trouvera souvent quelqu'un pour dire au chef d'industrie: pourquoi vous servez-vous de ce mystérieux fluide, au lieu de vous contenter des anciens procédés, qui n'utilisent que des choses connues de tous; à peu près comme on dirait à un patron dont un employé aurait emporté la caisse: pourquoi employez-vous des gens sur lesquels vous n'avez aucun renseignement, dont l'origine est inconnue, et, par suite, la moralité douteuse?

Ces reproches n'émeuvent pas beaucoup les électriciens. Que l'on connaisse ou non la nature de l'électricité, que l'on se fasse à ce sujet telle ou telle idée théorique, cela est très intéressant pour le philosophe, mais n'a aucune importance immédiate pour le technicien. Nous saurions avec certitude

ce que c'est que l'électricité, que le fonctionnement de nos installations électriques n'en serait aucunement amélioré. Ce qui importe, au point de vue technique, c'est de connaître *les lois* des phénomènes que l'on utilise. Or, ces lois, les électriciens les connaissent très bien; elles sont bien plus simples, bien plus sûres que, par exemple, celles de la resistance des matériaux, phénomène extrêmement complexe, que personne ne songe à regarder comme mystérieux.

Toutefois, l'étonnement que bien des gens éprouvent devant les phénomènes électriques n'est pas incompréhensible: ces phénomènes forment un ensemble aujourd'hui considérable, un domaine bien exploré, mais dont on n'aperçoit, au premier abord, aucune liaison avec les autres faits de la nature. Tant que cette liaison n'est pas trouvée, on peut dire que les phénomènes électriques ne sont pas *expliqués.*

Qu'est-ce, en effet, qu'expliquer un phénomène? Si l'on ne veut pas se contenter d'explications purement verbales, cela ne peut avoir d'autre sens que celui-ci: montrer que le phénomène étudié est une conséquence, un cas particulier, d'un autre phénomène plus général, en un mot, *le ramener à un autre.* Les lois de celui-ci sont acceptées comme point de départ, comme faits primordiaux, et le phénomène à expliquer doit s'en déduire, avec toutes ses propriétés. A mesure que nos connaissances progressent, les phénomènes étant, de plus en plus, ramenés les uns aux autres, le nombre de ces faits primordiaux et indépendants va en diminuant.

Prenons un exemple simple, et d'ailleurs souvent cité. Je vois une horloge qui marche; je constate que ses aiguilles tournent, et je puis étudier en détail les lois de ce mouvement, l'influence des changements de température, de la pression atmosphérique; je puis apprendre à me servir de cette horloge, et l'utiliser pour des expériences de haute précision. Mais, si rien ne m'est apparu de son mécanisme, si je n'ai jamais démonté un appareil du même genre, son mouvement me reste *inexpliqué;* il m'apparaît comme un phénomène qui n'est lié à aucun autre phénomène connu; je puis le considérer comme une chose *mystérieuse,* c'est-à-dire sans liaison avec les autres choses que je suis habitué à voir. Je démonte l'horloge, et je m'aperçois que son mouvement est dû à la chûte d'un poids, régularisée par les oscillations d'une pendule. Le mouvement de l'horloge est *expliqué:* c'est

un cas particulier d'un phénomène bien plus général, celui de la pesanteur. Mais, dira-t-on, le mouvement de l'horloge ne serait expliqué que si l'on avait l'explication de la pesanteur. Il n'en est pas moins vrai que la question a fait un grand pas. Il y avait, si l'on veut, deux énigmes dans l'Univers (sans compter les autres): celle de l'horloge, et celle de la pesanteur. De ces deux énigmes, il n'en reste qu'une, la première étant venue se fondre, en quelque sorte, dans la seconde. La pesanteur, elle-même, se trouve expliquée le jour où l'on découvre qu'elle est un cas particulier d'un phénomène encore bien plus général, celui de l'attraction universelle, en attendant que celui-ci, à son tour, vienne prendre place comme conséquence de quelque autre fait plus général encore.

Le développement de la Physique doit alors l'amener à l'état suivant: un petit nombre de phénomènes, irréductibles entre eux, obéissant à des lois déduites de l'expérience, servant à expliquer tous les autres, avec leurs lois. Lorsqu'une science est encore dans l'enfance, le nombre de ces faits indépendants est très grand; chaque fait, pour ainsi dire, est isolé des autres; on les catalogue, un peu au hasard, et c'est bien alors que l'on peut dire qu'aucune mémoire humaine ne peut contenir l'ensemble de la science. Ce fut le cas de l'Astronomie avant Kepler et Newton, de l'Optique avant Fresnel. Peu à peu les faits indépendants se condensent; un grand nombre de faits deviennent la conséquence d'un seul, et chaque science finit par reposer sur un très petit nombre de faits fondamentaux. Ces faits, servant de base aux diverses sciences, ne sont probablement pas eux-mêmes indépendants: notre division des phénomènes naturels en diverses *sciences* n'est qu'une conception de notre esprit; un même fait peut englober, par voie de conséquences, des phénomènes classés dans des sciences différentes. On peut ainsi prévoir le moment où toute la science reposera sur un très petit nombre de faits fondamentaux, acceptés comme point de départ, dont tous les autres seront des conséquences.

II.

Tout fait qui, dans cet ensemble, reste isolé, qui n'apparaît pas comme une conséquence de quelque autre plus général, peut être considéré comme *mystérieux*. C'est évidem-

ment ainsi que durent apparaître à ceux qui les étudièrent d'abord les phénomènes électriques et magnétiques. Cet ensemble comprend des apparences extrêmement variées; la nature nous les offre sous des formes trop complexes pour que l'observation seule pût suffire même à en ébaucher l'étude. Après la période d'expériences qualitatives, il fallut un demi-siècle d'efforts (de Coulomb à Faraday) pour établir à peu près les lois qui régissent les plus importants de ces phénomènes. L'électromagnétisme, pendant cette période, se constitue comme science entièrement distincte; les phénomènes sont de mieux en mieux connus, les relations entre eux sont de mieux en mieux établies, mais aucune tentative n'est faite pour *expliquer* cet ensemble, en le considérant comme conséquence d'autres phénomènes naturels. A ce point de vue, l'électromagnétisme pouvait réellement être considéré comme une science mystérieuse.

C'est à Faraday qu'il faut faire remonter la première tentative d'explication des phénomènes électromagnétiques. Il eût l'idée hardie de faire intervenir, dans l'étude de ces phénomènes, non seulement *les corps* qui agissent les uns sur les autres, mais encore, et surtout, *le milieu* qui les sépare ou, si l'on veut, qui les relie.

L'idée d'un milieu qui remplit l'espace, même vide de matière, était déja familière aux physiciens par l'étude de l'optique. Depuis Young et Fresnel, on savait, avec certitude, que la lumière est due à quelque chose de périodique qui se propage; on disait alors un *mouvement vibratoire*. Pour propager ce mouvemant, il faut bien imaginer un milieu; on lui avait donné le nom d'éther. La matière n'est nullement nécessaire à la propagation de la lumière, et ne fait qu'apporter une gêne à cette propagation; il faut donc admettre que l'éther est complètement distinct de la matière.

Faraday chercha à se représenter les phénomènes électriques comme produits par l'élasticité de ce milieu. Cette conception nouvelle devait avoir une influence énorme sur les progrès de la physique; on peut dire cependant que la tentative de Faraday a échoué. Il avait laissé dans le vague les propriétés du milieu qui doit rendre compte des phénomènes électromagnétiques. Ses successeurs essayèrent de préciser. On voit bien quelle est, ici, la voie que l'on essaye de suivre: on imagine un milieu qui remplit tout l'espace; on cherche

à le douer de propriétés, plus ou moins analogues à celles de nos corps élastiques; ces propriétés doivent être telles qu'elles rendent compte des actions électromagnétiques dont l'expérience a révélé l'existence et les lois. Parmi les auteurs de ces tentatives se trouvent les plus grands noms de la science moderne (il suffit de citer ceux de Maxwell et de Lord Kelvin); malgré les propriétés bizarres qu'ils ont attribuées à cet *éther*, ils ne sont pas arrivés à représenter convenablement l'ensemble des phénomènes observés.

La conclusion à tirer de ces tentatives infructueuses semble devoir être celle-ci: si les phénomènes électromagnétiques sont produits par les modifications d'un milieu qui remplit tout l'espace, on ne peut pas deviner ses propriétés par analogie avec celles de nos corps élastiques.

L'étude de l'optique aurait pu laisser prévoir cette conclusion: l'analogie entre la propagation de la lumière et celle du son à travers l'air dut certainement frapper les premiers inventeurs de la théorie ondulatoire de la lumière; il est certain que plusieurs d'entre eux se représentaient l'éther comme un milieu élastique très peu dense, plus ou moins analogue à un gaz raréfié. L'ayant, sans trop de raisons, qualifié de *fluide*, on devait inconsciemment le douer des propriétés que possèdent réellement les fluides matériels (c'est-à-dire les liquides et les gaz). L'étude plus approfondie des vibrations lumineuses montra, dès les travaux de Fresnel, que la propagation de la lumière n'avait que des analogies assez lointaines avec celle du son dans un gaz. Un esprit hardi comme Fresnel ne pouvait se laisser arrêter pour si peu: il voyait, d'une manière certaine, la lumière se propager par ondes transversales; il ne pouvait douter de l'existence d'un milieu qui propageait ces ondes; sans chercher à préciser les propriétés de ce milieu, il se contentait d'admettre que ses propriétés, bien différentes de celles d'un gaz ou de tout autre corps élastique, étaient telles que cette propagation fût possible. A la même époque Arago, esprit plus timoré, considérait une pareille propagation comme une *impossibilité mécanique*, parcequ'il se représentait l'éther comme un *fluide*, identique par ses propriétés à un liquide ou à un gaz.

Concluons donc que l'éther est un milieu, ayant ses propriétés spéciales; *il est impossible de le bâtir avec de la matière.*

Est-ce, au fond, bien surprenant? Quelle raison avons-

nous de supposer que les propriétés de ce milieu soient celles de la matière? Le principe même de ces tentatives d'*explications mécaniques* est-il bien rationnel? Les lois de la mécanique sont, il est vrai, parmi le plus générales que l'on connaisse, mais encore faut-il bien remarquer que c'est l'expérience seule qui nous les a révélées, et quand nous imaginons un milieu qui remplit tout l'espace et doué de ces propriétés de la matière (à l'exclusion d'un grand nombre d'autres), nous faisons seulement oeuvre d'imagination. Enfin, est-il rationnel de chercher à représenter les propriétés d'un milieu qui remplirait l'espace vide de matière, milieu qui doit être une chose simple et *une*, en prenant comme modèle l'inextricable complication de la matière? Dans l'Univers, la matière est un accident; la place qu'elle occupe est infime; tout le reste, c'est ce que nous appellons l'*espace vide*, c'est-à-dire vide de matière. Au lieu de se représenter les propriétés de cet espace au moyen de celles de la matière, il paraît bien plus rationnel de les étudier en elles-mêmes; il y a des chances pour qu'elles soient relativement simples, et valables dans le monde entier. Les lois ainsi révélées (peut-être sous une forme un peu abstraite, car elles se rapportent, à des choses qui ne tombent pas directement sous nos sens, ou plutôt qui n'y tombent que par l'intermédiaire de la matière), ces lois constitueront le véritable fait fondamental, irréductible, et c'est en les prenant comme point de départ que l'on pourra espérer retrouver comme conséquences les phénomènes connus.

Un grand nombre de physiciens ont, depuis un quart de siècle, travaillé à développer ce point de vue. Les résultats obtenus constituent déjà une des plus belles tentatives qui aient été faites pour ramener l'ensemble des phénomènes de la nature au plus petit nombre de faits indépendants. Je vais essayer de donner un aperçu de cette tentative. Le point de départ est, comme on le verra, dans les lois de l'électromagnétisme; ce qu'il faut expliquer, c'est l'ensemble des phénomènes naturels; d'où le nom de théorie électromagnétique de l'Univers que l'on peut donner à cette admirable synthèse.

III.

On prendra donc comme point de départ les propriétés de l'espace vide de matière; nous dirons, par abréviation,

l'*espace vide,* bien que, si l'on veut, on puisse se le représenter comme rempli par un milieu, qui, en tout cas, n'a aucun rapport avec un *fluide subtil,* ni avec aucune autre matière; nous ne chercherons pas à deviner ses propriétés, mais bien à les découvrir par l'expérience.

N'y a-t-il pas déjà, dans ce qui précède, une contradiction? L'espace vide peut-il *avoir des propriétés?* Là où nous ne découvrons rien, peut-il se passer quelque chose? Oui, car cet espace peut transmettre diverses actions; nous ne pouvons les constater que par l'intermédiaire de la matière, mais celle-ci ne sert que d'*appareil d'épreuve,* et on peut très bien la faire disparaître dans l'énoncé des lois relatives aux actions dont elle nous révèle l'existence. C'est ainsi, par exemple, que mes yeux me servent à constater qu'une lampe est allumée, et cependant les propriétés de mon oeil ne paraissent pas dans l'énoncé des lois du rayonnement.

Quelles sont donc les actions que peut recevoir un corps de la part de l'espace vide qui l'entoure? En d'autres termes, quelles sont les actions que l'espace vide peut propager? En laissant de côté celles qui sont visiblement dues à un *projectile matériel* qui a traversé l'espace, il en reste fort peu; on peut les classer sous les trois rubriques suivantes:

Actions électriques et magnétiques;
Radiations lumineuses;
Attraction universelle, comprenant la Pesanteur.

Ce dernier phénomène a, pour nous, une importance pratique énorme: c'est lui qui nous retient à la surface de la Terre, qui fait l'unité, l'existence, de chaque astre; c'est lui qui règle les mouvements astronomiques, et qui, en particulier, nous retient assez près du Soleil pour que nous puissions profiter de son rayonnement. Cependant, on va le négliger pour le moment, et cette manière de faire est justifiée par l'extrême petitesse de la force dont il s'agit, tant que les masses mises en jeu ne sont pas énormes comme les masses des corps célestes. Que l'on prenne deux sphères de Plomb, ayant chacune un décimètre de diamètre; chacune pèse environ 5 kilogrammes; qu'on les approche aussi près que possible, c'est-à-dire presque au contact; elles s'attirent, mais la force ainsi produite est à peu près égale au poids de 2 centièmes de milligramme! La moindre électrisation des boules, le moindre phénomène électromagnétique, produiront

des forces bien autrement grandes. L'attraction universelle, malgré les effets grandioses qu'elle produit dans l'Univers, nous apparaît ainsi comme une particularité minuscule des propriétés de la matière, on serait tenté de dire comme un terme du second ordre, qu'il n'est pas absurde de négliger jusqu'à ce que les termes du premier ordre soient bien connus.

Restent seulement les phénomènes optiques et électromagnétiques. Par lesquels doit-on commencer l'étude des propriétés de l'espace vide? Evidemment par les plus simples. Or l'étude même superficielle de l'Optique apprend, en dehors de toute hypothèse, que la lumière est un phénomène vibratoire; c'est *quelque chose de périodique* qui se propage. Au contraire, un phénomène électromagnétique peut être constant, invariable; c'est évidemment par eux qu'il faut commencer l'étude de l'éther. Qui songerait à commencer l'étude des propriétés d'un gaz en faisant d'abord la théorie de la propagation du son dans ce fluide? Celle-ci ne sera possible que lorsque l'étude des propriétés *statiques* aura donné les éléments nécessaires.

C'est donc par l'électromagnétisme qu'il est rationnel de commencer l'étude des propriétés de l'éther.

A ce point de vue, l'expérience nous révèle deux espèces distinctes d'actions transmises par l'éther, chacune mise en évidence par un *appareil d'épreuve* particulier. On les désigne sous les noms d'action électrique et d'action magnétique. Les appareils d'épreuve nécessaires pour les mettre en évidence sont évidemment des corps matériels, les seuls qui tombent sous nos sens. Il n'y a aucun cercle vicieux à s'en servir sans être fixé sur leur nature. C'est ainsi que, depuis des années, je me sers de mes yeux pour étudier la lumière, et je n'ai jamais disséqué un oeil humain; l'étude approfondie de l'anatomie de cet organe ne me ferait faire aucun progrès en optique.

Pour l'étude des actions électriques, l'appareil d'épreuve est un corps électrisé (si l'on veut, un morceau de verre frotté) librement suspendu. Partout où ce corps manifeste une tendance à se déplacer (ou, si l'on veut, partout où il subit une force), nous dirons qu'il y a *champ électrique*. Nous attribuons cette tendance au déplacement non pas directement à l'action à distance de quelque autre corps placé dans le voisinage, mais bien à l'action immédiate du *milieu* dans

lequel le corps d'épreuve est plongé; le fait que ce corps tend à se déplacer nous indique que ce milieu est dans un état particulier, différent de celui du même milieu à l'état normal, dans lequel le corps électrisé reste inerte. La grandeur et la direction de l'action ainsi produite servent à représenter, à ce point de vue, l'état de ce milieu.

Pour l'étude des actions magnétiques, une aiguille aimantée librement suspendue constitue l'appareil d'épreuve: partout où elle manifeste une tendance à s'orienter, nous dirons qu'il y a *champ magnétique*, et nous attribuerons aussi cette action à un état spécial, distinct du précédent, du milieu dans lequel l'aiguille est placée. Une grandeur ayant une direction déterminée (un *vecteur*) sert aussi à représenter cet état.

Le champ électrique ou le champ magnétique sont parfaitement connus lorsqu'on connaît, en chacun de ses points, le vecteur qui le représente. Les *lignes de force*, courbes tangentes en chacun de leurs points à ce vecteur, permettent de se faire une idée simple de sa distribution dans l'espace.

Le champ électrique et le champ magnétique sont deux phénomènes parfaitement distincts l'un de l'autre; l'un peut exister sans l'autre: la région de l'espace qui est entre les branches d'un aimant est un champ magnétique fort intense; ce n'est pas un champ électrique, car un corps électrisé n'y subit aucune action. Entre les plateaux métalliques d'un condensateur chargé existe un champ électrique, et une aiguille aimantée y reste inerte.

L'espace où existe l'un ou l'autre de ces champs est évidemment différent de l'*espace naturel*. En quoi consiste cette modification? Il est impossible de le dire, et l'on ne voit même pas comment il serait possible de l'expliquer. Veut-on se les figurer comme des modifications élastiques d'un milieu, ou comme un mouvement d'ensemble de l'éther, qui agirait sur le corps d'épreuve comme un courant d'air sur une feuille de papier? On n'arrive ainsi qu'à des comparaisons sans portée, qui ont toujours comme point de départ cette assimilation *a priori* entre les propriétés de l'espace vide et celles de nos milieux matériels. Le plus sage est de poursuivre l'étude expérimentale des propriétés de l'espace ainsi modifié, et de prendre les lois ainsi trouvées comme point de départ, comme phénomènes irréductibles, dans l'étude de la matière.

Les deux modifications qui constituent l'une le champ électrique l'autre le champ magnétique sont, avons-nous dit, complètement distinctes, et peuvent exister séparément. Elles ne sont cependant pas sans relations entre elles; ces relations nous sont révélées par la production d'un champ magnétique au moyen de courants électriques, et par l'existence des courants induits. On peut mettre les lois qui régissent ces phénomènes sous bien des formes différentes, et c'est telle ou telle de ces formes qui est la plus commode selon le point de vue auquel on se place. Ici, nous avons en vue la connaissance des propriétés du champ électrique et du champ magnétique indépendamment de celles de la matière, en un mot, l'étude des propriétés électromagnétiques de l'éther; il faut donc, de l'énoncée de ces lois, éliminer toute allusion aux propriétés de la matière. La relation entre les deux champs peut alors se mettre sous la fourme suivante.

Tant que le champ électrique ou le champ magnétique restent invariables, l'un d'eux peut subsister sans que l'autre existe. Mais toute variation de l'un engendre nécessairement l'autre. Un aimant est immobile; autour de lui existe seulement un champ magnétique; qu'on le déplace, et aussitôt un champ électrique apparaît. Autour d'un corps électrisé existe seulement un champ électrique; tout déplacement de ce corps engendre, momentanément, un champ magnétique.

Ces lois sont purement qualitatives. La relation numérique entre les deux champs a été donnée par Maxwell, comme conséquence des faits observés, sous forme d'un système d'équations différentielles. Ce système d'équations résume tout ce que nous savons sur les propriétés de l'éther au point de vue électromagnétique. Toutes les autres propriétés de ce milieu s'en déduisent; elles constituent la base de l'explication de l'Univers.

IV.

Une première conséquence, d'une importance énorme, fut aperçue par Maxwell; elle le conduisit à la théorie électromagnétique de la lumière, grâce à laquelle l'Optique devient un chapitre de l'Electromagnétisme.

Je suppose que dans une région de l'espace, par exemple entre les branches d'un aimant, existe un champ magnétique stable. On le modifie brusquement. Un champ électrique est

aussitôt créé; lui-même ne reste pas constant, et par suite crée un champ électrique un peu plus loin, et ainsi de suite. Une *perturbation électromagnétique* se propage à travers l' espace. Les équations de Maxvell, qui régissent la dépendance entre le champ életrique et le champ magnétique, permettent de prévoir toutes les particularités du phénomène. Maxwell montra que de pareilles ondes doivent avoir des propriétés tout à fait analogues à celles des ondes lumineuses, telles que l'expérience les a révélées. Ces ondes électromagnétiques, qu'il n'avait jamais vues, il put, au moyen des données numériques déja recueillies par les physiciens de son temps, en calculer la vitesse de propagation; il la trouva égale à 300,000 kilomètres par seconde, vitesse justement égale à celle que l'expérience assigne à la vitesse de la lumière. Si la perturbation initiale qui donne lieu à l' onde électromagnétique est périodique, celle-ci doit être absolument identique à une onde lumineuse. Des lors, Maxwell n' hésite pas à affirmer que la lumière est une perturbation électromagnétique qui se propage à travers l' éther.

Fresnel et ses successeurs considerent la lumière comme due à un *mouvement vibratoire* de l'héther, qui se propage grâce aux propriétés *élastiques* de ce milieu; à chaque mouvement vibratoire possible, cette théorie assigne des propriétés numériquement définies: une période, et une longueur d' onde. Mais les propriétés élastiques de cet éther, qu'il faut supposer pour expliquer la propagation telle qu'on l'observe, il est fort difficile de les préciser; on est obligé de les supposer extrêmement différentes de celles que l'on rencontre dans les corps matériels, de telle sorte que l'analogie entre l'élasticité de l'éther et celle de nos corps élastiques s'évanouit dès qu'on cherche à sortir du vague. En tout cas, ces propriétés, il faut les imaginer de toute pièce, et ce qui est plus grave, une fois imaginées, elles sont impuissantes à expliquer les autres phénomènes qui se passent dans l'espace vide. La théorie électromagnétique procède autrement: elle prend comme point de départ les propriétés électromagnétiques de l'espace vide, non point *imaginées*, mais expérimentalement découvertes; elle montre que l'existence et les propriétés des ondes lumineuses sont une conséquence de ce point de départ; en un mot, elle donne une véritable *explication* de la lumière, puisqu'elle montre que c'est une conséquence, un cas parti-

culier, d'un phénomène plus général. Naturellement, rien n'est changé aux lois de l'Optique, et toutes les données numériques de cette science conservent leur signification ; les notions de vitesse, de période, de longueurs d'onde, conservent leur signification, et il serait impossible qu'il en fût autrement, car les expériences faites pour mesurer ces quantités sont indépendantes de toute explication des phénomènes optiques, de toute relation entre cette science et les sciences voisines. C'est à peine si le langage technique de l'Optique s'est trouvé modifié par la substitution de la nouvelle théorie à l'ancienne. La liaison entre deux ordres de phénomènes aussi distincts en apparence que ceux de la lumière et de l'électricité n'en constitue pas moins une découverte d'importance capitale.

Maxwell avait affirmé l'existence des ondes électromagnétiques, il en avait indiqué les lois, calculé leur vitesse de propagation, mais ni lui ni les physiciens de son temps n'avaient réalisé l'expérience, simple en apparence, qui doit donner lieu à de pareilles ondes en partant d'une perturbation électromagnétique. Les ondes lumineuses étaient les seules ondes électromagnétiques connues. Trente ans plus tard, Hertz, avec des moyens d'une admirable simplicité, réussit à observer de pareilles ondes, à mesurer leur vitesse, et à confirmer complètement les résultats annoncés par Maxwell. L' origine électromagnétique des ondes obtenues par Hertz est évidente ; or elles ne diffèrent des ondes lumineuses que par un nombre moins grand de vibrations dans le même temps ; la différence est de même ordre que celle qui existe entre deux ondes sonores, dont l'une correspond à un son aigu et l'autre à un son grave. Ainsi se trouve confirmée d'une manière éclatante la nature électromagnétique des ondes lumineuses.

Il restait un point obscur dans la théorie de Maxwell : la propagation de la lumière s'explique admirablement; mais la production ? Une bougie allumée émet des ondes lumineuses et par suites, dit Maxwell, électromagnétiques. La flamme d'une bougie serait-elle un phénomène électromagnétique ? On n'aurait pas osé l'affirmer jusqu'à ces dernières années. L'existence du phénomène de Zeemann, dont on dira un mot tout-à-l'heure permet aujourd'hui de répondre par l'affirmative.

V.

Voilà donc toute l'Optique, du moins toute la partie de cette science qui s'occupe de la propagation de la lumière, devenue un chapitre de l'électromagnétisme. Dans tout cela, les propriétés de l'espace vide ont eu seules à intervenir; on ne s'est pas occupé des propriétés de la matière, ni pour expliquer les phénomènes étudiés, ni pour essayer de les expliquer elles-mêmes.

Ces propriétés de la matière sont d'une extrême variété; de la résulte, en particulier, l'extrême complication de tout ce qui touche à la Chimie. Cependant, quelques propriétés appartiennent à toute matière. *L'inertie* de la matière constitue la plus générale et la plus importante de ces propriétés: la matière ne modifie pas, sans une action extérieure, son état de repos ou de mouvement. Si un corps possède un mouvement de translation, il le conserve indéfiniment tant qu'aucune action extérieure n'intervient. C'est sur cette loi (qui est un fait d'expérience, bien qu'au premier abord elle puisse apparaître comme un paradoxe) qu'a été construite toute la Mécanique, ou science du mouvement de la matière. Pour produire un changement donné dans le mouvement, il faut, selon le corps que l'on considère, une action extérieure plus ou moins forte; il y a donc lieu, pour chaque corps, de définir une quantité, que l'on appelle sa masse, et qui mesure, en quelque sorte, la grandeur de son inertie. Pour un corps donné cette quantité reste indépendante de toutes les conditions extérieures, tant qu'on n'ajoute ni ne retranche aucune parcelle de matière au corps considéré.

L' inertie apparaît comme une propriété capitale de toute matière; comme on ne voit, *a priori,* aucune relation entre elle et aucun autre fait connu, il a fallu d'abord l'accepter comme un *fait primordial,* sans *explication* possible. Aussi, tous ceux qui ont essayé de deviner les propriétés de l'éther en prenant comme modèle celles de la matière, ont-ils supposé — sans y insister, tant la chose paraissait naturelle — ce milieu doué d'inertie. Le point de vue actuel est absolument inverse. L'éther est ce qu'il est; mais ce qu'il y a de plus évident dans ses propriétés c'est qu'il n'est pas de la matière; c'est au contraire l'espace *vide de matière.* N'y a-t-il pas contradiction à le douer d'une des propriétés qui caractérisent les

charge électrique débarrassée de toute matière, et chercher quelles seraient ses propriétés; mais cette notion correspond-elle à une réalité? Peut-on réellement dissocier les charges électriques de la matière? Pendant longtemps, on aurait pu en douter. On sait aujourd'hui, d'une façon certaine, que cela est possible. Dans les gaz très raréfiés, la décharge électrique prend des formes très remarquables; elle peut, en particulier, donner naissance à des *rayons*, dont les propriétés très singulières ont été étudiées d'abord par Hittorf, qui leur donne le nom de rayons cathodiques. Bien des hypothèses ont été successivement faites sur leur nature. Crookes, à la suite d'une série d'expériences très remarquables, énonça à leur sujet une série d'hypothèses hardies, singulier mélange de vérités et d'erreurs, dans lesquelles se trouvait cette proposition exacte et capitale: les rayons cathodiques sont les trajectoires de *projectiles* lancès avec une grande vitesse. Il se méprit, et bien d'autres après lui, sur la nature de ces projectiles. On peut considérer aujourd'hui que ces projectiles — auxquels on peut donner des vitesses plus ou moins grandes — sont des charges électriques négatives, sans aucun support matériel d'aucune sorte, et dont les propriétés sont indépendantes du résidu gazeux qu'elles traversent.

Tout indique que ces charges négatives sont séparées en individus distincts, dont le nombre, très grand, est fini; en d'autres termes, qu'elles ont une constitution granulaire, ou, si l'on veut, *atomique*. On peut aujourd'hui obtenir de bien des manières les charges électriques séparées de la matière; le *grain* d'électricité négative semble toujours identique à lui-même avoir toujours la même charge. On lui a donné le nom d'*électron négatif*. Il n'est pas utile d'essayer de se le représenter comme quelque chose de *matériel* (c'est lui, au contraire, qui va nous servir à expliquer les propriétés de la matière). C'est un point de convergence des lignes de force, un point singulier dans les propriétés de l'espace. Il est bien remarquable que tous ces points singuliers soient identiques entre eux.

Convaincus maintenant de l'existence des charges électriques, il nous est possible de prévoir, et d'expliquer, les propriétés de ces charges, en prenant comme point de départ ce que nous savons sur les propriétés de l'espace vide au point de vue électromagnétique. Les mêmes raisonnements

pourraient se faire sur les charges liées à la matière (un morceau d'ambre frotté, par exemple), mais il vaut mieux s'affranchir de ce poids mort, et raisonner sur l'élèment simple et universel qu'est l'électron. On arrive ainsi aux résultats suivants :

Toute charge électrique est entourée par un champ électrique — c'est en quelque sorte sa définition.

Un champ électrique agit sur elle ; elle tend à s'y déplacer dans une direction déterminée.

Tant qu'elle est au repos, elle ne produit aucun champ magnétique, et, inversement, un champ magnétique n'agit pas sur elle. Mais dès qu'elle est en mouvement, ces deux actions se manifestent, elle engendre un champ magnétique autour d'elle, et devient sensible à l'action d'un champ magnétique extérieur.

Toutes ces propriétés prévues par la théorie, l'expérience en montre l'existence. Dans le cas des charges liées à la matière (corps électrisés), l'observation est gênée par le poids mort se cette matière; les propriétés prévues se manifestent avec toute leur simplicité dans le cas des rayons cathodiques, ce qui confirme encore cette idée que ces rayons consistent bien en charges électriques libres, sans aucun support matériel,

Ces charges libres manifestent en outre de l'inertie. Leur trajectoire est rectiligne en l'absence de toute action extérieure; une pareille action est nécessaire pour modifier la grandeur ou la direction de leur vitesse. Faut-il, sous prétexte que l'inertie est un des attributs fondamentax de la matière, revenir à l'idée d'un support matériel de ces charges pour expliquer leur inertie ? En aucune façon. Une charge électrique libre — si l'ont veut, un point de convergence des lignes de force — *doit* être doué d'inertie, en vertu des propriétés électromagnétiques de l'espace vide. Si cette charge est animée d'un mouvement rectiligne et uniforme, elle est entourée par son champ électrique et son champ magnétique; ces deux champs voyagent avec elle, ils quittent une partie de l'espace pour en envahir une autre; il y a échange d'energie entre les diverses régions de l'espace, mais cela n'exige aucune action extérieure. Au contraire, tout changement de vitesse entraîne une modification dans l'arrangement des lignes de force, et cela ne peut avoir lieu que sous l'action d'une énergie étrangère. Pour employer le langage de la

dynamique, l'électron en mouvement *doit* posséder une certaine *énergie cinétique*, qui n'est autre chose que l'énergie du champ électromagnétique correspondant à son mouvement.

En développant ce point de vue, en prenant encore comme point de départ les propriétés électromagnétiques de l'espace vide, on arrive à édifier toute la dynamique de l'électron. Les seules *forces* qui puissent agir sur lui sont les actions des champs électrique et magnétique dus à des causes extérieures. Les équations de cette dynamique sont entièrement analogues à celles de la dynamique classique, applicable aux systèmes matériels. L'identité est complète tant que les vitesses restent notablement inférieures à la vitesse de la lumière. Pour des vitesses extrêmement grandes, approchant de la vitesse de la lumière, la dynamique de l'électron devient plus compliquée: l'energie cinétique, au lieu de croître simplement comme le carré de la vitesse, augmente beaucoup plus rapidement, et croît indéfiniment lorsque la vitesse s'approche de celle de la lumière. La vitesse de la lumière serait une limite que la vitesse de l'électron ne pourrait dépasser, quelle que soit l'action extérieure qui agisse sur lui. Les experiences directes faites sur les rayons cathodiques semblent bien confirmer ces résultats théoriqucs. On a pu en obtenir ayant des vitesses très diverses; jamais on n'a observé de vitesse atteignant celle de la lumière. On n'est pas encore définitivement fixé sur la forme de la fonction qui lie l'énergie cinétique à la vitesse, mais les deux faits suivants paraissent bien établis: pour des mouvements lents (c'est-à-dire de vitesse notablement inférieure à celle de la lumière) l'énergie cinétique croît comme v^2; pour des vitesses approchant de celle de la lumière, elle croît indéfiniment.

En résumé, tout confirme l'existence de l'électron négatif toujours identique à lui même; l'expérience nous montre en lui toutes les propriétés que sa définition faisait prévoir; en particulier, *il a de l'inertie,* et cette propriété est *expliquée* par les propriétés du champ électromagnétique.

Il y a tout lieu de penser que toute charge électrique négative est constituée par un nombre plus ou moins grand, mais fini, d'électrons.

Nous connaissons aussi des charges positives, liées à la matière (des corps électrisés positivement); nous pouvons, par analogie, les regarder comme dues à des électrons posi-

tifs; on n'a jamais réussi, pour des raisons qui, jusqu'ici, nous échappent, à dissocier l'électron positif, de la matière, à l'observer à l'état libre. S'il existe, ses propriétes, en particulier son inertie, doivent être analogues à celles de l'électron négatif.

CHARLES FABRY

(À suivre).

LA NATURA DEL PROCESSO DI SOLUZIONE

E LA FUNZIONE DEL MEZZO SOLVENTE

Il problema che riguarda il processo di soluzione e la ricerca del solvente, si è trascinato senza tregua attraverso i tempi, accompagnando la chimica in tutte le sue fasi evolutive. Il noto aforisma degli Alchimisti: « corpora non agunt nisi soluta » sta a dimostrare quanta importanza si annettesse da tempo al processo di soluzione. La teoria dell'Alkahest, quel « menstruum universale », che — secondo van Helmont — doveva disciogliere e mutare in liquido ogni corpo, ebbe origine appunto in quei tempi in cui la chimica tentava la trasformazione degli elementi gli uni negli altri e si affannava in vani tentativi di preparazione sintetica dell'oro. Venne Paracelso a proclamare còmpito solo e vero della Chimica la preparazione di medicamenti e sùbito l'Alkahest diventava la panacea universale; ma non basta; si giunse più in là, quando si volle a dirittura credere alla possibilità di produrre artificialmente, con l'aiuto dei processi di soluzione, l'« homunculus » e la pianticella. Quando poi alla chimica vennero attribuiti scopi ben diversi, allorchè verso la fine del XVII secolo Lémery disse che il còmpito di questa scienza era quello di indicare la via alla « separazione delle diverse sostanze che costituiscono una mescolanza », allora ecco presentarsi di nuovo, per questi processi della « Scheidekunst » [1],

[1] « Scheidekunst » letteralmente vuol dire « Arte di separare »; questa denominazione, che comprese più tardi tutte le manipolazioni di chimica, fu data originariamente a quelle che servivano per la separazione e purificazione dei metalli. Tale nome rimase a lungo nei paesi germanici e si ritrova ancor oggi, per es. in Olanda, dove la chimica conserva il nome di « Scheikunde ». [*N. d. t.*]

la necessità del solvente. Non a torto osservava Boerhave (1732) che il chimico pone il solvente in prima linea tra i sussidi della sua arte e « vanta di produrre col suo aiuto le reazioni più sorprendenti »; era lui stesso che nella sua classica pubblicazione *Elementa Chemiae* dedicava la massima considerazione teorica al processo di soluzione ed ai solventi, in un capitolo che forma la quarta parte nel primo libro dell'opera voluminosa. Che i mezzi solventi godessero infatti della massima considerazione così dal punto di vista teorico, come nelle pratiche applicazioni della chimica, è dimostrato da una dichiarazione del noto metallurgico svedese Brandt, il quale fioriva verso la metà del secolo XVIII: egli disse che « la conoscenza dei solventi forma una parte importante e forse la più importante di tutta la chimica ».

Da che Arrhenius espose la sua teoria della dissociazione elettrolitica, nel suo classico lavoro: *Sulla dissociazione dei corpi disciolti in acqua* (1887), la chimica rimase sotto il dominio della teoria degli ioni ed oggi si può anzi a dirittura affermare con lui « che solamente dove si trovano ioni, sono possibili reazioni chimiche ».

Ecco adunque un'altra volta il processo di soluzione ed il mezzo solvente in genere, riprendere la posizione di massimo interesse per tutti i processi chimici. E noi chimici dell'oggi ripetiamo l'aforisma degli Alchimisti ormai giustificato: « corpora non agunt nisi soluta »! Noi ricordiamo inoltre, che in tempi lontani un Paracelso tentava di riprodurre la vita dal seme maschile con l'aiuto di chimiche reazioni; oggi il problema della fecondazione artificiale (partenogenesi), risolto in parte da J. Loeb col mezzo di soluzioni, è passato « dal campo della morfologia in quello della chimica fisica »

I.

Vediamo ora quali aspetti à assunto nel corso dei secoli la teoria dei processi di soluzione, col progredire della scienza chimica in generale.

Quando, per le innumerevoli ricerche degli alchimisti, si trovò raccolta alla rinfusa una grande quantità di materiale sperimentale, si fece sentire finalmente il bisogno di una interpretazione nuova dei fatti, e circa il 1600 la filosofia aristotelica, ormai soppiantata, cedeva il posto alla teoria cor-

puscolare. Uno dei sostenitori più validi di questa teoria fu il Gassendi (1592-1655); secondo lui tutti i corpi, siano essi liquidi o solidi, avrebbero in sè degli intervalli vuoti, dei pori, e tanto questi, quanto i corpuscoli, sarebbero dotati di una data forma. Se i corpuscoli del mezzo solvente corrispondono agli spazi vuoti del corpo da disciogliere, allora à luogo la soluzione. Si tratterebbe adunque di un fenomeno puramente meccanico. Niente à servito meglio a divulgare questa teoria, che la pubblicazione di N. Lémery intitolata *Cours de Chymie* (1675), nel quale si trovano queste precise parole: « Les dissolvents agissent selon les pores qu'ils rencontrent ». Le idee di Newton invasero anche il campo chimico recandovi nuove vedute. Nella sua classica opera egli prese a considerare la questione: se la soluzione di un sale nell'acqua, come in generale ogni reazione chimica, fosse causata dall'attrazione reciproca delle infime particelle dei diversi corpi; se cioè, la soluzione di una certa quantità di sale nell'acqua avviene perchè le ultime particelle del sale « attraggono l'acqua con forza maggiore, che non si attraggano tra di loro? » Questo nuovo modo di interpretare i fenomeni chimici ed il processo di soluzione, messo innanzi da Newton in forma interrogativa, convenientemente modificato trovò la più estesa applicazione nel celebre trattato di Boerhave *Elementa Chemiae* (1732). Quest'opera à goduto nel XVIII secolo la massima diffusione e la massima autorità ed à certamente esercitato un'influenza sul posteriore sviluppo delle teorie intorno al processo di soluzione. Non sarà adunque fuor di luogo considerare un po' più da vicino le vedute di questo scienziato dal pensiero lucido e critico.

Egli diceva: « Data la natura del solvente, ne segue che quando esso agisce sopra un corpo, si discioglie nella stessa guisa, come il corpo che esso vuol disciogliere »..... « così che i cambiamenti che i solventi provocano nei corpi, pare abbiano origine sopratutto da una intima unione tra le infime particelle del solvente e del corpo disciolto »..... « Le particelle del solvente e quelle del soluto si uniscono insieme tutte, quando è avvenuta la soluzione, per formare un corpo nuovo omogeneo »..... « La causa di questo fenomeno, qualunque essa sia, deve cercarsi così nel solvente, come nel corpo disciolto. Essa è comune ad entrambi ed agisce reciprocamente sull'uno e sull'altro »..... « Se ora si pensa che i corpuscoli disciolti riman-

gano gli uni appresso agli altri ed uniformemente mescolati tra di loro, anche se di peso diverso », si deve credere ad una speciale proprietà, da concepirsi come affinità (che egli chiama anche *vis attractrix, amicitia, amor,* « se questi nomi possono indicare la tendenza alla combinazione »). Inoltre egli mette in evidenza il fatto che di ogni sale può venir disciolta solo una certa quantità; che una soluzione che sia saturata con un dato sale, non può più disciogliere « un altro sale di natura *(habitus)* diversa », e che nel processo di soluzione mutano tanto le proprietà del solvente, come quelle del corpo disciolto; e spesso ciò avviene con accompagnamento di fenomeni termici. Se noi seguiamo le considerazioni di Boerhave, dobbiamo ammettere che, nella massima parte dei casi, soluzione è un fenomeno *chimico:* « Solventi, i quali agiscano come tali, solo in virtù di una forza meccanica, sono assai più rari che non si creda. Questa categoria è formata dalle soluzioni di ghiaccio nell'acqua, di acqua nell'acqua, di alcool nell'alcool ecc., in una parola, da liquidi che si disciolgono in liquidi della stessa natura ». Riassumendo adunque, si deve ammettere « che tutte le soluzioni chimiche, (lasciata da parte adunque le poche, che sono puramente meccaniche), sono esclusivamente dovute a forze di attrazione e di repulsione, che agiscono tra le particelle del solvente e quelle del corpo disciolto ».

Le vedute di Boerhave, che io qui ò tracciate, ànno resistito tenacemente non solo nel decimottavo secolo: noi le incontriamo infatti — ed in forma poco diversa — nel decimonono ed anche nel ventesimo.

Nel secolo XVIII scienziati della forza di un Torbern Bergmann (1786), di un Guyton de Morveau (1786), di un Ger. Ben. Richter (1794) consideravano le soluzioni come conseguenza di affinità chimiche *(attractio solutionis, affinité de dissolution)* ed i più noti trattati diffondevano questa teoria come quella che si poteva più generalmente applicare; così fecero p. es. Hermbstaedt nel suo libro *Experimentalpharmacie* (1792) e Wallerius nella sua opera intitolata *Physische Chemie* (1780). Nei primordi del secolo XIX lo stesso Cl. L. Berthollet nel suo *Essai de statique chimique* (1803) accettava un tal modo di vedere dicendo: « poichè è conseguenza immediata di ogni processo chimico la formazione di composti, anche il processo di soluzione, considerato dal punto di vista delle forze di coesione (reciproca affinità delle particelle), appartiene

a quest'ordine di fatti ». Non voglio omettere di ricordare che il suo predecessore C. F. Wenzel nella sua *Teoria dell'affinità chimica* (1777) definisce il processo di soluzione come « una conseguenza naturale della configurazione e della mobilità, che da essa dipende, delle sue ultime particelle (del solvente) », rimettendo in campo così la teoria corpuscolare e le vedute di Rob. Boyle.

La teoria di Berthollet considera il processo di soluzione come un processo chimico e le soluzioni come vere combinazioni chimiche, benchè esse non obediscano alla legge di Dalton delle proporzioni definite. Nonostante si siano sollevate obiezioni di ogni fatta contro questa teoria, pure essa è riuscita a farsi strada sempre più; Gay-Lussac la accolse e la protesse in tutta la sua integrità (1808), mentre Klaproth (1810), contrariamente al parere di Lavoisier, non faceva differenza tra soluzione in senso fisico e soluzione in senso chimico (solution e dissolution, Lösung e Auflösung) e considerava ogni soluzione come conseguenza di un'azione chimica; — egli si esprimeva, come già aveva fatto Boerhave, letteralmente così: « L'azione tra il mezzo solvente ed il corpo solido è reciproca; essi si disciolgono reciprocamente » È vero che Berzelius (1823) crede che la soluzione sia « piuttosto un fenomeno meccanico » e distingue la causa del processo di soluzione da quella forza che provoca la formazione dei composti chimici; è vero che anche E. Mitscherlich (1831) intravede una differenza tra l'affinità chimica e la forza che presiede al processo di soluzione ed ammette per questo e per il fenomeno di capillarità una medesima causa: ciò non ostante son sempre le vecchie idee di Boerhave che ritornano a galla e riprendono dominio. Inoltre Biot, lo scopritore del potere rotatorio ottico nelle sostanze organiche amorfe, cerca di spiegare le variazioni della rotazione, a seconda della concentrazione e della natura del solvente otticamente inattivo, ammettendo la formazione di composti molecolari tra sostanza disciolta e solvente. Poggendorff (1837) non accetta la distinzione fatta tra « solution » e « dissolution »; egli crede che la stessa forza, che entra in azione allorchè si formano i composti chimici secondo la legge delle proporzioni definite (affinità chimica), presieda anche al processo di soluzione; e ciò lo dimostrerebbe specialmente il fatto « che i diversi corpi si disciolgono nei differenti liquidi in maniera diversa »; d'altra parte le soluzioni sono affatto

omogenee, possiedono una densità che di solito è maggiore della media aritmetica delle sostanze che le formano, ànno spesso un punto di ebollizione costante (p. es. l'acido nitrico, l'acido cloridrico, l'alcool ad un certo grado di idratazione), insomma non è possibile porre un limite preciso tra composti formatisi da componenti in proporzione fissa e soluzioni, così che « non si può a meno di caratterizzare queste (le soluzioni) come ultimi termini nella serie delle combinazioni chimiche ».

Lo stesso Hess, il fondatore della termochimica, parla delle soluzioni come di composti chimici; e Gmelin nel suo classico trattato (1852), le definisce come derivate dall'azione di affinità chimiche e pone vicino ai « composti a proporzione fissa » i « composti a proporzione variabili, soluzioni acquose, sostanze acquose ».

La teoria chimica delle soluzioni trovò poi nel secolo scorso, verso il '60, un sostenitore di molta autorità nella persona di H. Kopp. Nel suo *Trattato di chimica fisica e teorica* (1863) egli dice che la formazione e la persistenza dei composti chimici, siano essi a proporzioni fisse o variabili di componenti, à la sua causa nell'affinità chimica, — « nè vi à ragione per supporre l'esistenza di forze differenti, per ispiegare l'esistenza delle due specie di composti ». Le soluzioni sono tali composti a proporzioni variabili....: « Noi possiamo considerare una soluzione acquosa concentrata come una combinazione chimica fluida dell'acqua col corpo solido,.... così che le soluzioni diluite sarebbero miscele di acqua con le soluzioni concentrate ».

Appresso a Kopp, viene D. Mendelejeff, il quale, durante mezzo secolo, dal 1855 fino alla sua morte avvenuta di recente, s'è mostrato fautore di una teoria chimica delle soluzioni, senza che mai gli accadesse di allontanarsene; che anzi la mise sempre in evidenza e l'appoggiò con numerosi lavori sperimentali e con l'autorità del suo nome.

L'insieme dei fenomeni che presentano le soluzioni lo condussero, nella sua prima importante ricerca *Sui volumi specifici* (1855), alla conclusione che « le soluzioni sono assai prossime alle combinazioni chimiche »; nel 1865 pubblicò un esauriente lavoro sperimentale *Sulla combinazione dello spirito di vino con l'acqua,* nel quale egli cercava di *dimostrare* per primo l'*esistenza* di determinati idrati dell'alcool, fondandosi sull'osservazione della contrazione massima che si ottiene quando l'alcool si mescoli con l'acqua. Infine egli pubblicò

nel 1887 una completa monografia: *Lo studio sperimentale delle soluzioni acquose in base al peso specifico,* nella quale fondandosi sull'aumentare della densità s col crescere del contenuto percentuale p, cioè $\frac{ds}{dp}$, dedusse sperimentalmente la esistenza di certi composti molecolari tra l'acqua e la sostanza disciolta. Questi idrati possono corrispondere talora a composti già conosciuti ed isolati, ma in parte sono da considerarsi come esistenti solo in soluzione acquosa. Mendelejeff à esposto e sostenuto questa sua *teoria degli idrati,* anche nel suo ben noto libro: *Principî di Chimica,* apparso già in otto edizioni dal 1869 ad oggi: il processo di soluzione mette in evidenza che esistono forze chimiche, le quali però sono così poco sviluppate, che quei determinati composti formatisi in questo processo (tra l'acqua ed il corpo disciolto) si dissociano già a temperatura ordinaria; le soluzioni sono adunque costituite da determinati prodotti di combinazione tra il solvente e la sostanza disciolta. S'intende poi senz'altro che ciò che qui si dice per l'acqua, vale anche per altri solventi (p. es. alcool, acetone ecc. ecc.).

E si consideri ancora questa interessante circostanza: che proprio i più fervidi fautori della dottrina dell'*affinità chimica* ànno difeso la teoria chimica delle soluzioni, nè ciò può attribuirsi a mero caso. E vicino a un Newton, a un Berthollet, si schierano anche Guldberg e Waage (1867), i quali nel confrontare i composti a proporzioni fisse con quelli a proporzioni variabili ad arbitrio, dicono: « che tra di esse non si può porre una barriera naturale e ben definita. Nell'osservare il comportamento delle soluzioni, il calore che si sviluppa quand'esse si formano, il loro punto di ebullizione, ecc. si propende a credere che la differenza deva essere piuttosto graduale che fondamentale. Secondo noi l'azione che s manifesta tra due sostanze, che si uniscono in rapporti variabili, è un'addizione sul tipo di quella che provoca l'unione di acido cloridrico ed ammoniaca e noi ammettiamo di conseguenza, che le forze che agiscono nei due casi siano della stessa natura ».

E non meno chiaramente si esprime Berthelot nella sua ben nota pubblicazione: *Essai de mécanique chimique fondée sur la thermochimie* (1879), là dov'egli dice: « È lecito ammettere che a base della formazione di una soluzione stia la for-

mazione di certi composti tra solventi e corpo disciolto »....
« Ogni soluzione ci rappresenta una mescolanza, che risulta dall'unione del solvente con il corpo disciolto combinato al solvente stesso in determinato rapporto ».

È questo, a grandi tratti, lo svolgimento cronologico della teoria del processo di soluzione, dal 1600 circa fino al 1887.

II.

Questo sguardo retrospettivo nella storia delle teorie che concernono il fenomeno di soluzione, mette in evidenza come, per ben due secoli durante lo sviluppo della Chimica, — che da semplice « arte di separare i corpi » era assurta a dignità di scienza qual'è oggi reputata in seguito ai suoi brillanti risultati, — la concezione di processo di soluzione, come di fenomeno subordinato ad una affinità chimica, si mantenne vittoriosa. Questo trionfare di una rappresentazione puramente ipotetica è per sè stesso degno di nota, — ma esso ci apparirà ancor più significativo se noi prendiamo in considerazione i profondi mutamenti che in così lungo periodo di tempo subirono gli scopi, i metodi, le teorie e le applicazioni della Chimica. Noi non andremo errati, se ne ricaveremo come conseguenza: che la teoria chimica delle soluzioni si adatta perfettamente alle esigenze del pensiero e del concetto chimico, e costituisce quindi una parte organica della ricerca chimica. Il punto di partenza per questa teoria chimica delle soluzioni è nella dottrina dell'affinità. Questo nome designa la causa che genera i composti chimici e che li disfà. E non è forse ovvio ridurre ogni specie di reazioni delle sostanze chimiche ad una *causa unica* e far dipendere da una unica forza — l'affinità chimica —, così la combinazione di elementi chimici in nuovi composti, come le azioni reciproche che tra di essi ànno luogo e quindi anche l'azione del solvente sulla sostanza che in esso si discioglie? E come nessun elemento può reagire incondizionatamente con gli altri, o con essi unirsi in quantità scelte ad arbitrio, così *non* ogni solvente può disciogliere qualsiasi corpo ed in qualsiasi rapporto, — nell'uno e nell'altro caso si manifesta una « affinità », che risponde anche a dei valori numerici. E perchè non dovrebbero unirsi chimicamente tra di loro solvente e soluto, formando per es. nell'acqua degli idrati? Tali composti molecolari più o meno

stabili tra solvente e corpo disciolto si possono bene immaginare e non urtano affatto il concetto chimico. W. Ostwald dice: « Tutte le sostanze capaci di esistere in date circostanze, sono anche da considerarsi come veramente esistenti ».

Noi vogliamo ora cercare le origini di queste forze di affinità che agiscono nel processo di soluzione, e mettere in chiaro la costituzione chimica dei « composti molecolari » che qui si formano. Allorchè nello scorso secolo, e più precisamente verso il '60 ferveva la disputa intorno al dogma della valenza chimica costante, Kekulé attribuiva ad ogni atomo elementare una data valenza fissa (p. es. quattro per il carbonio, tre per l'azoto, per l'ossigeno due e per l'idrogeno una); egli fece distinzione tra composti *atomistici* e composti *molecolari* (contenenti acqua di cristallizzazione, sali doppi ecc.): mentre ammetteva che i primi si formassero conformemente al principio della valenza costante degli atomi, così spiegava gli altri: « L'attrazione deve manifestarsi anche tra questi atomi, i quali appartengono a molecole differenti. Questa attrazione à per risultato che le molecole si avvicinano tra di loro e si collocano una appresso all' altra, fenomeno questo che precede costantemente la decomposizione vera e propria ». Würtz invece (1864) vedeva le cose in altra guisa; egli partiva dal concetto che « la atomicità (valenza) degli elementi varia a seconda dei composti » in cui essi entrano, negava qualunque differenza sostanziale tra composti molecolari ed atomistici e credeva che a formare questi ultimi entrasse in gioco « un'affinità di secondo grado » così che « sostanze composte, che a noi sembrano sature, come se le loro forze di combinazione fossero esaurite, contengono invece ancora, in qualcuno degli atomi che le compongono, una certa riserva di energia, che permette loro di combinarsi chimicamente con altri corpi »: per es. l'atomo di ossigeno bivalente tende, con l'aiuto di valenze supplementari, a diventare tetravalente. — Frankland, il fondatore della teoria di valenza, distingue tuttavia una valenza *assoluta* degli atomi, appartenente a quelle che sono sempre *impegnate* (attive), e la contrappone alla valenza *latente*, o ancora disponibile. Un atomo già legato può adunque, mediante le sue valenze latenti, o forze di affinità, reagire con le valenze latenti di altre molecole e formare delle combinazioni molecolari. Chiuderemo finalmente citando il parere di van't Hoff (*Vedute intorno alla chimica organica*, 1881);

questo illustre maestro della chimica moderna interpreta in due guise la esistenza di combinazioni molecolari: « In primo luogo essa può essere giustificata dalla presenza di valenze non ancora prese in considerazione ed appartenenti ad uno od a più atomi entrati in combinazione; in secondo luogo può essere anche l'edificio molecolare stesso, che porta con sè nuove direzioni nelle forze attrattive principali, o valenze ».

Se noi riassumiamo quanto finora abbiamo esposto, possiamo trarne le conclusioni che 1) in atomi e molecole apparentemente saturati, possono ancora essere disponibili, o allo stato latente, energie di valenza (valenze atomiche o molecolari) e che 2) queste danno luogo alla formazione di combinazioni molecolari, p. es. tra sali diversi, tra essi e l'acqua, gli alcooli, le basi, i chetoni, ecc.; che 3) i mezzi solventi come l'acqua, gli alcooli, i chetoni, ecc. sono chimicamente attivi, vale a dire: durante il processo di soluzione mettono fuori le valenze latenti, che possono reagire con quelle del corpo che entra in soluzione; e che 4) il prodotto di queste azioni reciproche, vale a dire la soluzione stessa, può considerarsi come una combinazione molecolare più o meno stabile e parzialmente dissociata nei componenti. — Queste ipotetiche vedute intorno al fenomeno di soluzione ed alle soluzioni rimasero in voga fino a circa vent'anni fa; Horstmann Kopp nella sua pubblicazione intitolata *Chimica teorica* (1885) scrisse: « Per composto chimico s'intende ogni prodotto omogeneo dell'accoppiamento di sostanze diverse, nel quale non è più possibile riconoscere le proprietà dei componenti.... la soluzione di un sale nell'acqua è una combinazione a proporzione variabile di componenti ».

III.

Ma rivolgiamo ora la nostra attenzione ad un altro problema. Posto che la soluzione sia una combinazione chimica, ne segue che il mezzo solvente dev'essere per sè stesso *capace di agire chimicamente*. Ma come mai sarà sorta l'idea di solventi o mezzi *indifferenti?* Vediamo se è possibile rispondere brevemente a questa domanda. Per tutto un secolo l'*acqua* fu il solvente per eccellenza; i sali inorganici fornirono il materiale per mezzo del quale sopratutto fu studiato più a fondo il fenomeno della soluzione. Le ricèrche classiche, che fornirono il materiale alla costruzione dell'edificio della chimica

fisica e della chimica generale del secolo XIX, compiute da fisici, da chimici, da fisiologi, o da medici, riguardano le soluzioni acquose; così: misure di solubilità, dilatazioni termiche, calori di soluzione, di neutralizzazione, di diluizione, misure di densità, tensione di vapore, punti di congelamento, problemi elettrochimici, fenomeni di diffusione e di osmosi, ecc. ecc., furono da prima quasi sempre ed esclusivamente studiati nelle soluzioni *acquose*. Ed è anche l'acqua che si unisce con molti sali per dare composti cristallizzabili; ed essa pure serve nelle reazioni analitiche, e decompone alcuni sali in soluzione, o gli idrolizza. Insomma quasi tutte le ricerche fisiche sui corpi in soluzione si fanno nel mezzo solvente, acqua, ed i chimici per parte loro constatano che l'acqua come solvente non è affatto inerte, ma agisce chimicamente. Tutto questo edificio si scompaginò in un attimo, allorché nel 1882 Fr. Raoult promosse lo studio di un gran numero di solventi diversi dall'acqua ed eseguì ricerche sulle soluzioni non acquose: ne risultò una serie di regolarità, che s'erano ricercate invano nelle soluzioni acquose e poterono venir utilizzate praticamente nella determinazione di pesi molecolari, dei composti organici in particolare. Allora lo studio e l'utilizzazione dei solventi (organici) diversi dall'acqua ebbero il massimo favore presso gli studiosi; dal punto di vista chimico essi parvero scostarsi moltissimo dal solvente acqua. Questa specie di antagonismo si rese ancor più evidente quando J. H. van't Hoff (1887) e Svante Arrhenius dotarono la scienza delle loro teorie della pressione osmotica e della dissociazione elettrolitica. Ed ecco infatti ancora le soluzioni acquose distinguersi nettamente da quelle non acquose, per un maggior numero di deviazioni dalle leggi che riguardano la pressione osmotica, mentre invece si rivelavano spesso ottimi conduttori della corrente elettrica. Ancora nel 1890 Ciamician poteva affermare che « la dissociazione elettrolitica à luogo principalmente in soluzione acquosa ». E tre anni dopo Etard: « L'acqua per le sue proprietà fisiche e chimiche singolarissime è un solvente eccezionale. A nessun'altra sostanza può venir paragonata, perchè essa si combina con la maggior parte dei sali, allorchè agisce su di essi come solvente.... I liquidi organici assai raramente formano dei composti con i sali, e qui è certamente la ragione per cui è così difficile di trovare tra questi ultimi dei corpi che siano contemporaneamente solubili in più solventi ».

Pure, anche qui à ragione il vecchio aforisma: « Natura non facit saltus! » Non solamente l'acqua; essa non è niente affatto « un solvente eccezionale »; non è neppure vero che la dissociazione elettrolitica abbia luogo principalmente in soluzione acquosa; lo diceva Faraday nel 1883: « L'acqua è, in questo rapporto, solo una fra una serie molto numerosa di sostanze, e non l'unica, o la più caratteristica ». Quegli altri solventi (organici) non sono poi assolutamente indifferenti verso i sali che essi possono disciogliere, noi anzi possiamo oggi sostenere che non c'è forse uno tra essi che non dia composti molecolari! Pensiamo un po' ai composti dei sali con alcool, etere, esteri, chetoni e nitrili, ai prodotti di addizione con l'ammoniaca ed i suoi derivati; ai composti doppi del biossido di solfo », ecc. — Il potere che i mezzi non acquosi possiedono di scindere in ioni i sali disciolti fu studiato con particolar cura nell'ultimo decennio; e siano ricordati qui almeno i più noti ricercatori: Carrara, Dutoit, Kahlenberg e Lincoln, Cady e Franklin, Centnerszwer, e siano pure ricordate le estese ricerche da me fatte su numerosi mezzi di ionizzazione diversi dall'acqua. Se n'è potuto ricavare che la dipendenza annunciata da Thomson e Nernst, tra il potere dissociante dei medii e la loro costante dielettrica è applicabile nel senso più lato. Reciprocamente ci è dato quindi di prevedere dal valore della costante dielettrica, la tendenza a ionizzare che è propria ad un solvente; così per es. ciano- e nitrocomposti organici sono tra le sostanze dotate di elevata costante dielettrica e sono anche buoni ionizzatori per sali binari; solventi poi come l'acido cianidrico anidro, che à la costante dielettrica $\varepsilon = 95$, l'acido solforico anidro con $\varepsilon = 84$, la formamide con $\varepsilon = 84$, devono oltrepassare anche l'acqua come solventi, — per quanto riguarda il potere dissociante verso gli elettroliti, — devono cioè provocare con maggior facilità la loro scissione in ioni.

IV.

La esistenza di un'azione chimica nei solventi che furono designati come mezzi indifferenti, si rende evidente anche per un'altra serie di fatti, e precisamente nella determinazione delle grandezze molecolari di sostanze disciolte mediante i metodi osmotici. Ad illustrare l'asserto prendiamo il caso di

due composti, che, in base alle loro formole chimiche, noi sappiamo avere press' a poco lo stesso peso molecolare M, ma sono però essenzialmente diversi per la natura stessa degli atomi che li compongono: la naftalina $C_{10}H_{18} = 128$ e l'acido benzoico $C_6H_5COOH = 122$. Beckmann ottenne col metodo ebullioscopico e per soluzioni di 1 % nei solventi sotto elencati i seguenti pesi molecolari:

	M teorico	Pesi molecolari trovati in						
		Benzolo	Cloro-formio	Solfuro di Carbon.	Acido acetico	Etere	Acetone	Alcool etilico
Naftalina . .	128	141	131	131	—	121	130	—
Ac. benzoico	122	210	200	231	123	120	116	115

Risulta in questi dati, molto evidente, la influenza del *mezzo;* contemporaneamente però si vede che anche la natura del corpo disciolto à un'influenza; — per un peso molecolare teorico quasi eguale, noi vediamo infatti che: *a)* i valori ottenuti per la naftalina sono, in sette solventi, poco diversi; *b)* per l'acido benzoico invece oscillano tra 115 e 231 e precisamente i solventi si possono in questo caso riunire in due gruppi, in quantochè un gruppo dà col metodo osmotico un peso molecolare M = 115 a 123, l'altro invece: M = 200 a 231. Concorrono adunque in ciò tanto la natura chimica del corpo disciolto, come quella del cosidetto mezzo indifferente. E se vogliamo indagare quali speciali caratteristiche accompagnano le due sostanze disciolte ed i solventi, scorgiamo tosto che la causa di un comportamento osmotico così diverso può ricercarsi nella presenza di certi elementi chimici, o di certi radicali: l'acido benzoico è caratterizzato dal gruppo carbossilico e quei solventi che danno per l'acido benzoico un peso molecolare normale portano anch'essi un carbossile, oppure un gruppo chetonico, o un ossidrile, o dell'ossigeno in funzione di etere; insomma c'è sempre l'atomo di *ossigeno* il quale, come già si disse, può agire tanto come bivalente quanto

come tetravalente e può quindi mettere in azione delle valenze latenti. I solventi privi di ossigeno (C_6H_6, $CHCl_3$ e CS_2) danno invece dei pesi molecolari anormali. Si può quindi parlare di un « potere anomalizzante » (Anomalisierungsvermögen) dei solventi, il quale dipende dalla presenza in essi di certi sostituenti. Le estese ricerche di Auwers, sui pesi molecolari determinati col metodo crioscopico, permettono di ordinare i diversi sostituenti (radicali) in una serie, « nella quale ogni membro che segue fa aumentare più dei precedenti la anomalia crioscopica della sostanza disciolta, mentre per contro fa diminuire il potere anomalizzante dei solventi; questi radicali sono: CH_3, gli Alogeni, NO_2, CN, CHO, NH_2, COOH, OH; » — si ànno però talora delle deviazioni dalla regola.

Tra i solventi più attivi troviamo adunque: quelli che contengono l'*ossigeno* (come ossidrile OH, carbossile COOH e residuo aldeidico CHO), poi quelli che contengono azoto, sia come gruppo amidico NH_2, o nel radicale cianico CN, o nel gruppo nitrico NO_2. Come l'atomo di ossigeno, anche l'atomo di azoto si comporta come un elemento *polivalente*, il quale può mostrare vicino alle tre solite valenze, altre valenze latenti; così che mentre negli idrocarburi e nei loro alogenoderivati, i corpi contenenti ossigeno, come per es. l'ac. benzoico, si trovano disciolti in molecole doppie, i solventi che contengono ossigeno, o gruppi nitrici, o nitrilici, agiscono invece depolimerizzando queste molecole disciolte, o vuoi, provocando in esse una dissociazione in molecole semplici: $(M)_n \longrightarrow nM$. Secondo Abegg (1904) il fenomeno si può interpretare in questo modo: « Se appartiene tanto alle molecole disciolte come a quelle del solvente la facoltà di sviluppare valenze libere, avviene che, per l'azione di massa, l'attrazione tra le molecole disciolte ne va di mezzo, per causa di quella che il solvente esercita sulla sostanza disciolta, o, in altre parole, un tale solvente si oppone alla associazione ».

È degno di nota, che gli stessi solventi, i quali si distinguono per la loro azione *depolimerizzante*, emergono anche per il loro potere *ionizzante*. Ricerche eseguite da me sopra un sale binario (ioduro di tetraetilammonio) nei più disparati solventi organici, diedero la seguente serie di radicali, in cui ogni termine successivo fa aumentare il potere dissociante del medio (risp. la scissione in ioni del sale) più del precedente: CH_3, alogeni, COOH (carbossile), CHO (gruppo aldeidico),

OH (ossidrile), SCN (radicale solfocianico), CN (radic. cianico), NO_2 (gruppo nitrico).

La natura chimica del solvente à qui una importanza grandissima; negli idrocarburi e nei loro alogenoderivati il sale disciolto presenta il minimo di dissociazione elettrolitica, la quale invece è massima in quei solventi, che ànno ossigeno e azoto, per es. negli alcooli, nei rodanati, nei nitrili e nei nitroderivati.

E qui è opportuno accennare ad un altro fatto che è in relazione coi precedenti. Noi vogliamo perciò considerare il *potere solvente* di questi solventi, e rispettivamente la parte che i suddetti radicali ànno su di esso. Se noi per apprezzare il valore di questo potere rivolgiamo ancora la nostra attenzione all'ioduro di tetraetilammonio, osserveremo che in generale i diversi radicali esaltano il potere solvente del mezzo nella stessa successione come ne aumentano il potere ionizzante (dissociante); anche qui la solubilità del sale è minima negli idrocarburi e loro alogenoderivati, e raggiunge il massimo valore nei solventi con ossidrile, radicale cianico, o nitrico (alcool, nitrile, nitroderivati di idrocarburi).

Tra il potere solvente di differenti mezzi verso un dato sale (elettrolita) ed il loro potere dissociante esiste adunque uno stretto rapporto, e precisamente tale, che il potere solvente di essi cresce, col crescere del loro potere dissociante rispetto allo stesso sale. Ciamician ed Ostwald emisero l'opinione (1890) che il potere dissociante (o ionizzante) dei solventi sia di natura chimica e consista molto verosimilmente in un'attrazione p. es. delle particelle d'acqua sul catione e rispettivamente sull'anione delle molecole saline disciolte. D'altra parte possiamo ammettere con Kohlrausch che l'ione migrante in soluzione acquosa si unisca con un certo numero di molecole d'acqua (associazione). Ma se è vero che esiste una relazione tra il potere dissociante dei mezzi ed il loro potere solvente, non dobbiamo noi ammettere anche per questo una natura chimica?

V.

La natura chimica e l'azione dei cosidetti mezzi « indifferenti » può infine essere specialmente messa in evidenza anche su un terreno di osservazione molto più vasto, vale a dire nello

studio delle *velocità di reazione*. Se noi moviamo dal presupposto: che tanto le molecole del solvente come quelle del corpo disciolto posseggano ancora delle valenze latenti, le quali possono entrare in azione con maggiore o minore intensità ed in numero variabile, a seconda delle condizioni esterne (pressione-temperatura) e della natura delle sostanze, che nella soluzione si trovano insieme, noi dovremo ammettere che, p. es., due corpi, i quali reagiscono tra loro e possono unirsi in un nuovo composto, vale a dire mettono in azione nuove valenze e sviluppano valenze latenti, possano entrare in combinazione tra di loro in diversi *modi*, ed in diverse *quantità*, come anche con *velocità* differenti, a seconda della natura delle molecole del cosidetto mezzo indifferente, tra le quali si trovano. In altre parole: ogni singolo solvente eserciterà un' influenza sulla capacità delle valenze dei due corpi reagenti, sia in rapporto al numero, come alla intensità di esse, poichè anche il solvente dispone di valenze latenti, le quali sono pure (a seconda della natura dei gruppi che nel solvente si trovano) diverse di numero e di intensità. Esaminiamo il caso più semplice, di una reazione che rimane sempre la stessa in ogni solvente ed è completa: è evidente che la velocità di reazione potrà avere i più disparati valori. Ed è appunto con la misurazione della velocità di una data reazione in diversi mezzi « indifferenti », che possiamo sperare di mettere in chiaro nel miglior modo il valore della attività di questi mezzi, e di dimostrare che in realtà questa indifferenza non esiste.

Non si può negare a Berthelot il merito di avere studiato, e per primo sottoposto a misurazioni, l' influenza dei solventi sulle velocità di reazione. Nel classico lavoro intrapreso da lui in collaborazione con Péan de St. Gilles: *Recherches sur les affinités* (1862) studiò anche il fenomeno di eterificazione da acido acetico ed alcool etilico: *a)* senza alcun solvente estraneo, *b)* in soluzione di benzolo e *c)* in soluzione di etere. Ne risultava che in soluzione eterea — rimanendo eguali: temperatura, tempo e concentrazione — la velocità di reazione era estremamente piccola, la quantità eterificata a mala pena svelabile e in ogni caso esigua, mentre in soluzione di benzolo la quantità di sale etereo formatasi era notevole; la massima velocità si raggiungeva però in assenza di qualsiasi solvente estraneo. I due sperimentatori soggiungono: « Ciò dimostra che ogni solvente modifica in un modo speciale la reazione

che à luogo in esso ed alla quale non concorre con i suoi elementi; si tratta di un'azione di presenza nella sua massima semplicità ».

Questa constatazione importante di Berthelot e di Péan de St. Gilles, pare che sia stata dimenticata. Infatti nel 1887 Menschutkin iniziò le sue famose ricerche, ponendo la quistione: « Non mostrano i cosidetti solventi indifferenti, un'influenza sulla velocità di trasformazione che noi vogliamo studiare? »

Per risolvere la questione, Menschutkin determinò la velocità di eterificazione in benzolo, xilolo ed esano; e trovò infatti che questa influenza è sensibile, per cui chiude così: « L'azione del mezzo, nel quale à luogo la reazione, anche se questo mezzo è, come suol dirsi, indifferente, non è insignificante; non è possibile, per così dire, rendere indipendente la reazione chimica, dal mezzo in cui essa si svolge. In ogni reazione chimica il mezzo, che nel nostro caso è il solvente, entra con un certo fattore ».

Al riconoscimento dell'influenza del mezzo, Menschutkin à dedicato, fino alla sua morte, avvenuta di recente, una serie di ricerche tipiche; egli constatava che quest'influenza dipende « dalla composizione e costituzione chimica del mezzo », e, come Berthelot, ammetteva anch'egli che tra il corpo reagente ed il mezzo si abbia « una certa azione di contatto ». Però nell'anno 1900 dovette riconoscere che « ancora tale influenza del solvente sulla velocità di reazione non è spiegata. Le proprietà fisiche dei mezzi liquidi presentano solo lontani rapporti con le velocità di reazione ».

Ma lasciando da parte questi giudizi, vogliamo soffermarci un poco su quel problema. Se noi, in base alle misure eseguite da Menschutkin, ci domandiamo quali solventi esercitano la maggior influenza sulla velocità di reazione, sia ritardando di molto, o accelerando, troviamo che sono sempre gli idrocarburi (esano, benzolo, xilolo, ecc.) quelli che si trovano ad una estremità della serie, e precisamente si ànno in questi le più piccole velocità di reazione; l'altro estremo è rappresentato da alcooli e chetoni, nei quali la reazione va più rapidamente. Dunque anche per ciò che riguarda l'influenza sulla velocità di reazione per parte dei solventi si ripete la serie che noi abbiamo già incontrata parlando del « potere anomalizzante » in rapporto alle grandezze molecolari delle sostanze disciolte, come pure del potere dissociante e di quello solvente;

là si è parlato dell'influenza speciale che esercitano gli elementi polivalenti, come l'atomo di ossigeno con le sue valenze latenti; qui si può dire la stessa cosa per quanto riguarda la velocità di reazione; e se potemmo allora dimostrare un parallelismo tra il potere ionizzante e la costante dielettrica, noi possiamo ora invocare per analogia una eguale dipendenza tra l'influenza dei solventi sulla velocità di reazione e la stessa loro costante fisica.

A W. Wislicenus (1896) spetta senz'altro il merito d'aver osservato per primo questa dipendenza, allorchè potè constatare che, nel caso che riguarda la velocità di isomerizzazione di composti labili (p. es. l'etere formilfenilacetico), i « solventi si ordinano secondo la loro forza dissociante (costante dielettrica) ». Lo stesso parallelismo fu trovato da Hantzsch e Schultze per la isomerizzazione degli isonitrocomposti in nitrocomposti propriamente detti, e da Dimroth per la trasformazione di sostanze enoliche in forme chetoniche. Voglio ora illustrare questa dipendenza con il sussidio di alcune cifre che io stesso ottenni studiando la velocità di reazione in diversi mezzi indifferenti. Noi sappiamo che la base trietilammina: $N(C_2H_5)_3$ si combina con l'ioduro di etile per dare il sale quaternario: ioduro di tetraetilammonio; la velocità di formazione di questo sale è già stata misurata da Menschutkin ed io l'ò studiata in altri solventi ed in altre condizioni di sperimento. Nella tabella sotto riportata espongo i valori da me ottenuti; nella prima colonna si trovano i nomi dei solventi « indifferenti » da me adoperati, nella seconda le costanti K delle *velocità di reazione* (velocità di formazione del sale nel corrispondente mezzo), e poi le *costanti dielettriche* ε dei solventi puri. Seguono i *fattori di associazione* x dei solventi puri secondo Ramsay e Shield, e secondo Guye, e finalmente i valori da me trovati per le solubilità del prodotto di reazione $N(C_2H_5)_4J$ nei solventi stessi (espressi in mole del sale per 100 mole di soluzione $= \mu\,^0/_0$):

Solvente	Costante di velocità K a 50°	Costante dielettrica ε a 20°ca.	Fattore di associazione x	Solubilità in μ % a 25°
Esano	0,000 0021	1,88	0,90	pratic. = 0
Etere	0,000 0153	4,13	0,99	straordin. piccola
Acetale . . .	0,000 046	4,9	1	
Paraldeide .	0,000 236	10,5	0,85	0,0189
Nitrato etil.	0,001 138	17,7	1	0,0198
Acetone. . .	0,003 010	21,9-25	1,3	0,0915
Propionitrile	0,005 280	27,2	1,6	0,213
Benzonitrile	0,006 020	26,0	(1,0)	0,181
Nitrobenzolo	0,008 40	32,2-34	(1,13)	0,201
Acetonitrile	0,009 64	35,8-36,4	1,79	0,618
Nitrometano	0,020 67	40,4-56,4	>1,6	1,163

E s'intende per la reazione: $N(C_2H_5)_3 + C_2H_5J = N(C_2H_5)_4J$. Si ammette inoltre che i due corpi reagenti ed il prodotto finale si comportino come indifferenti verso i solventi elencati, vale a dire che nessuno di questi prenda parte alla formazione del sale. Dai numeri della seconda colonna noi vediamo però che questi solventi esercitano una grandissima influenza sulla velocità di salificazione, dunque sono sommamente « attivi »: però le costanti K, nei due liquidi estremi: Esano e Nitrometano, stanno tra di loro in rapporto di 1 a 10000! Se noi ora consideriamo i singoli solventi in riguardo alla loro costituzione chimica, avvertiamo subito che son quelli che contengono i gruppi cianico e nitrico, che accelerano al massimo grado la reazione: e per ambedue questi aggruppamenti CN ed NO_2 noi abbiamo veduto poco fa che, insieme all'ossigeno ed all'azoto, sono quelli che esercitano in alto grado potere dissociante e potere solvente. La costante dielettrica ε può fornirci il valore del potere dissociante dei solventi. Se confrontiamo ora i dati della terza colonna dovremo ammettere che realmente un parallelismo evidente tra i valori K delle velocità di reazione ed i numeri delle costanti dielet-

triche ε dei solventi puri esiste; in una serie di solventi la costante di velocità cresce con la costante dielettrica. Lo stesso parallelismo si ritrova poi tra costanti di reazione e solubilità del sale $N(C_2H_5)_4J$, che si forma nella reazione (v. colonna 5ª), e possiamo affermare che: in una serie di solventi la velocità di reazione è maggiore, quanto maggiore è il potere solvente del mezzo per il prodotto della reazione. Inoltre per questi solventi esiste uno stretto parallelismo tra velocità di reazione, solubilità e costante dielettrica. — Diamo finalmente un'occhiata ai numeri della quarta colonna: i fattori di associazione x dànno la misura approssimativa della complessità delle molecole del solvente a circa 20°; le variazioni di questi valori x dimostrano che l'entrata dei gruppi « Cianico » CN e « Nitrico » NO_2 fanno, in generale, aumentare la tendenza delle molecole ad unirsi in complessi maggiori, di molecole associate; le valenze disponibili in queste molecole cercano di entrare in attività e conducono a « formazioni di complessi atomici » nel solvente puro, però di fronte ad un corpo disciolto le stesse valenze provocano una scissione di molecole polimere in molecole semplici, nonchè una scissione in ioni; le stesse valenze disponibili del solvente e del corpo disciolto favoriscono la formazione di nuove combinazioni molecolari cristallizzabili (idrati, alcoolati, ammoniati, ecc.) ed in queste stesse valenze di origine atomica, o molecolare noi possiamo credere di trovare anche la causa del fenomeno di soluzione.

VI.

In ciò che abbiamo fin qui sommariamente esposto noi cercammo di mostrare come sia venuto sviluppandosi nel corso di più che due secoli il concetto di soluzione. Questi due secoli rappresentano anche un periodo di straordinario sviluppo delle cognizioni e delle teorie chimiche. Ma, pari all'asse ideale di un sistema, la teoria delle soluzioni conserva la sua posizione iniziale, malgrado questo progresso: il processo di soluzione ripete la sua origine dalle forze di affinità agenti tra il solvente e il corpo disciolto; è in sostanza un processo chimico e la soluzione è una più o meno libera combinazione chimica. Questo modo di vedere ebbe favore quasi illimitato fino al 1887. Sopravviene allora un grande cambiamento: J. H. van't Hoff emette la sua teoria della pressione osmo-

tica; tra soluzione e gas si scopre « una profonda analogia, anzi quasi una identità » ed il processo di soluzione diventa paragonabile ad una diffusione reciproca, ad un'intima mescolanza di due gas indifferenti. Questa nuova teoria, messa a fianco della teoria della dissociazione elettrolitica di Arrhenius, diede uno dei più efficaci e generali mezzi di ricerca, che mai si siano potuti escogitare. Se però la vecchia teoria chimica delle soluzioni fu portata all'estremo, ciò accadde ancor più per la teoria moderna delle soluzioni, che fece considerare il processo di soluzione come puramente fisico. Invero van't Hoff aveva dedotto le sue leggi e le analogie specialmente in riguardo alle « soluzioni ideali », tanto diluite cioè, che le azioni reciproche delle molecole disciolte, il loro volume, ecc., si potevano trascurare. Nella applicazione pratica della teoria osmotica delle soluzioni si trattava invece, sopratutto, di soluzioni di una certa concentrazione; d'altra parte le ricerche ognora crescenti intorno a soluzioni *non* acquose condussero alla conoscenza di una molteplicità di fenomeni, assai maggiore di quanto non si fosse potuto sospettare da principio. Le leggi osmotiche valevoli, con tutto rigore, per le soluzioni ideali, infinitamente diluite, potevano infatti trascurare l'azione reciproca delle molecole disciolte, il loro volume e la reazione tra esse e le molecole del solvente; ma nelle soluzioni più concentrate entrano in gioco, in grado maggiore o minore a seconda della natura dei componenti la soluzione, tutti questi fattori. I pesi molecolari determinati per via osmotica, risultarono spesso più grandi che non si dovesse aspettarsi dalla composizione chimica del soluto; è giocoforza quindi ammettere una attrazione reciproca tra le molecole disciolte, vale a dire la formazione di molecole associate. Talora invece si trova un peso molecolare normale il quale però *diminuisce*, coll'*aumentare* della concentrazione, anzichè rimanere costante, o crescere (per una associazione di molecole). In questo caso spieghiamo il fenomeno come una addizione (combinazione) delle molecole del soluto con quelle del solvente. C'è poi una serie di fatti nel campo delle conducibilità elettrolitiche, che ci spinge ad ammettere che nelle diverse soluzioni gli *ioni* degli elettroliti siano associati alle molecole del solvente, formando eventualmente con esso dei « composti molecolari ». In poche parole: si compie in modo sempre più evidente un ritorno alla teoria chimica; la teoria fisica delle soluzioni

diede le leggi per il caso limite di soluzioni « a diluizione infinita »; ci fornì di metodi e di apparecchi per uno studio profondo delle soluzioni ed ora essa mostra che in soluzioni *più concentrate* compaiono nuovi elementi perturbatori: noi ora per ispiegarli ricorriamo alle forze chimiche, le quali darebbero luogo a formazione di prodotti di associazione nelle soluzioni e di combinazioni molecolari più o meno stabili. Due secoli fa pareva che una teoria chimica non avrebbe mai potuto conciliarsi con una teoria fisica delle soluzioni; oggi invece la prima apparisce come un complemento alla seconda e questa come un valido appoggio della prima. E giusto i più eminenti sostenitori della *moderna* teoria delle soluzioni, si mostrano oggi propensi ad ammettere come possibile e molto verosimile una spiegazione chimica al fenomeno della soluzione, ed alla esistenza e formazione di combinazioni molecolari tra solvente e corpo disciolto; e tra questi sono: Abegg, Biltz, Bruni, Hantzsch, Jones, Lowry, Werner ed altri. E così si chiude questo ciclo di idee; ciò che Newton aveva indicato in forma interrogativa, ciò che Berthollet à sostenuto e Guldberg e Waage ànno posto a fondamento della loro teoria dell'affinità chimica, ritorna oggi a galla e costituisce in veste nuova la nota dominante: sono « forze » della stessa natura quelle che determinano l'esistenza di composti chimici a composizione definita, come quelle che presiedono alla formazione di composti a composizione variabile, quali sono le soluzioni.

Politecnico di Riga.

PAUL WALDEN

CHIMICA E BIOLOGIA

Lo studio degli essèri viventi ci ha insegnato che le manifestazioni energetiche di essi derivano, per la maggior parte almeno, da processi chimici; questa nozione importantissima ed i successi della sintesi organica trassero alcuni alla conclusione che la Chimica potrà condurci, in un giorno più o meno remoto, alla costruzione artificiale di materia vivente e ci darà la chiave del problema, tanto tormentoso e tanto attraente insieme, delle origini e della intima, particolareggiata natura degli organismi vivi, o almeno delle funzioni vegetative di essi.

Sarebbe grande ventura se queste illazioni fossero accettabili, perchè nulla quanto la speranza vale ad incitarci ed a rallegrarci; ma a questa fiducia nella futura azione rivelatrice e creatrice della Chimica è essa fondata? Si può veramente affermare, come ha fatto recentemente un illustre Chimico [1], che quando avremo riprodotto tutte le diverse sostanze del regno biologico e particolarmente del vegetale, potremo accostarci di più alle manifestazioni della vita vegetativa e comprenderle nella loro essenza?

Mi si conceda di prendere in esame ancora una volta tale questione che parecchi anni or sono ho avuto ripetute occasioni di discutere [2].

[1] G. Ciamician - *Problemi di Chimica organica*, « Rivista di Scienza », vol I, pag. 44.

[2] G. Fano - *La Fisiologia come scienza autonoma*, « Rivista di Filosofia scientifica », vol. IV, 1884. — *La Fisiologia in rapporto colla Chimica e colla Morfologia*. Torino, 1904.

È certo di grandissimo vantaggio per la Biologia che chimici eminenti abbiano dedicato la loro attività allo studio delle sostanze che si ottengono dagli esseri organizzati, e i resultati che in breve tempo essi hanno ottenuto sono arra sicura dei rapidi progressi che essi determineranno nella Chimica biologica. Si tratta infatti di ricerche condotte in guisa che si ottenga non soltanto la sintesi di un determinato composto e la conoscenza dell'intima costituzione dei corpi che l'artificio chimico costruisce, ma pur anche la nozione di molti prodotti intermediari e metamorfici che possono essere di notevole interesse pel retto discernimento dei metabolismi organici.

Emilio Fischer, il Maestro insuperato della sintesi organica, nell'epilogo di un suo discorso, nel quale rende conto di quelle ricerche che con grande probabilità lo condurranno ad ottenere sulle proteine quei successi che già conseguì cogli zuccheri, avverte dello scarso significato di certe sintesi accidentali e lumeggia per contro i vantaggi che si possono trarre da una ricerca graduale che conduca per lenti stadi a ricostruire un determinato complesso molecolare, come appunto egli fece ultimamente coi così detti polipeptidi.

« Wenn es heute durch einen glückliche Zufall, mit Hülfe einer brutalen Reaction, z. B. durch Zusammenschmelzen der Aminosäure in Gegenwart eines wasserentzienden Mittels, gelingen sollte, ein echtes Proteïn darzustellen, und wenn es weiter es möglich wäre, was noch unwarscheinlicher ist, das künstliche Product mit einem natürliche Körper zu identificiren, so würde damit für die Chemie der Eiweissstoffe wenig und für die Biologie so gut wie garnichts erreicht sein.... ». E più innanzi Fischer aggiunge:

« Ich möchte es deshalb geradezu als ein Glück ansehen, das die Synthese genötigt ist, zahlreiche neue Methoden des Aufbaues, der Erkennung und Isolirung zu schaffen, und Hunderte von Zwischenproducten genau zu studiren, bevor sie zu den Proteïnen gelangen kann. Denn diese Methoden werden schliesslich nicht allein dazu dienen, alle Proteïne der Natur und noch viel mehr, als sie hervorbrachte, zu erzeugen; sie werden voraussichlich auch genügen für die Aufklärung der zahlreichen und merkwürdigen Umwandlungsproducte von Proteïnen, die als Fermente, Toxine u. s. w. eine so grosse Rolle spielen ».

« Kurzum, man darf erwarten, dass durch die tiefgehende

und weit ausgedehnte synthetische Arbeit das ganze, jetzt noch so dunkle Gebiet chemisches Culturland wird, aus dem die Biologie einen grossen Theil der Hülfsmittel beziehen kann, deren sie zur Lösung ihrer chemischen Aufgaben bedarf »[1].

Chi può dubitare che seguendo queste tracce luminose non si potrà un giorno, forse vicino, ottenere per via sintetica corpi analoghi all'amido o ad un' albumina?

Parallelamente ai progressi della sintesi chimica procedono quelli della chimica fisica sicchè potremo anche possedere fra non molto un concetto almeno approssimativo di quel che sia un colloide e riconoscere in qual modo alla struttura colloidale si debba probabilmente la particolare fisionomia di molti dei processi che si svolgono negli organismi viventi.

La risoluzione di questi problemi alla quale va incontro fiduciosa la scienza umana giustificherà le speranze nutrite dagli ottimisti ad oltranza?

Quando avremo determinato la costituzione chimica di tutti i materiali che possiamo trarre dagli organismi, quando sapremo bene che cosa entra in un essere vivo e che cosa ne esce, come le trasformazioni chimiche che avvengono negli organismi viventi sprigionino quelle energie che sono il fondamento dinamico delle funzioni vitali, sapremo noi qualche cosa di più intorno alla natura della materia vivente?

Non dimentichiamo che per analizzare un essere vivo noi dobbiamo anzitutto ucciderlo, e che perciò le nostre nozioni di chimica qualitativa in biologia riguardano soltanto la compagine materiale degli organismi morti. Si sono fatti alcuni tentativi sopra tutto microchimici per sceverare la distribuzione dei diversi principi immediati nelle cellule vive, ma non sono essi quasi una petizione di principio poichè suppongono in noi quelle cognizioni appunto che ci mancano?

Rammentiamo inoltre che le sostanze che noi ricaviamo dagli esseri che furono vivi sono o frammenti del protoplasma propriamente detto, o materiali in via ascendente che danno agli organismi viventi il sottostrato energetico di cui essi hanno bisogno, o rifiuti dell'essere vivo e residui in parte o completamente usati che l'organismo rigetta oppure accumula nella sua trama, o prodotti di particolari metabolismi, o infine, come

[1] E. Fischer - *Einleitung zu « Untersuchungen über Aminosäuren etc. »*. Berlin, 1906.

i fermenti, gli ordegni che la sostanza vivente si fabbrica per servirsene pei suoi bisogni analitici e sintetici.

Ma la sostanza vivente propriamente detta, quella che con opportune selezioni ed elaborazioni assume i materiali nutritivi, che poi utilizza, quella che fabbrica gli strumenti catalitici di cui abbiamo fatto parola, quella che, riproducendosi, così gelosamente conserva i caratteri ereditati e pure con tanta facilità si adatta alle necessità del momento, modificando il suo metabolismo e conducendolo a plasmare materiali diversi e a fabbricarsi, in circostanze nuove e imprevedibili, congegni nuovi quali mai prima essa aveva fatto, e provocando tutti quegli adattamenti individuali che ci è appena lecito di intuire in minima parte, questa proteiforme vivificatrice, questa trasformatrice di energie e costruttrice di forme che cosa è essa, di che cosa è fatta? Con quali mezzi potremo noi isolarla ed analizzarla?

È necessario poi di aver presente che le manifestazioni della vita dipendono non soltanto da una determinata compagine chimica, bensì anche da una particolare struttura morfologica e che l'una e l'altra sono così intimamente immedesimate che l'estrazione di composti chimici implica quasi sempre la distruzione completa della materia organizzata.

Nell'articolo sopra citato, Giacomo Ciamician ha riferito cose molto interessanti intorno alle somiglianze chimiche fra emoglobina e clorofilla, e come la presenza in questi catalizzatori del ferro e del magnesio rispettivamente possa dar ragione delle loro opposte funzioni, ossidanti per quella e riducenti per questa. Ma l'emoglobina, nei vertebrati almeno, fa parte integrante dei corpuscoli rossi del sangue, cellule differenziate in modo da costituire artifici geometrici che distendono la sostanza pigmentare sopra una enorme superficie e quindi rendono più facile ed efficace la sua azione di trasportatrice di ossigeno, mentre poi lo stesso elemento morfologico e la stessa emoglobina contribuiscono ad altri ricambi materiali.

Noi possiamo per mezzo di speciali solventi estrarre l'emoglobina dal corpuscolo e distinguiamo col nome di stroma quel che rimane dell'elemento morfologico così distrutto. Ma non per questo siamo autorizzati ad affermare che il corpuscolo rosso è formato di stroma e di emoglobina, quasi che questa fosse contenuta in quello, mentre nella realtà non

esiste nè l'una nè l'altro, ma un elemento vivente inseparabile chimicamente, morfologicamente e funzionalmente, il quale ha inoltre tutta una storia di metamorfosi che lo hanno condotto a diventare quello che è grazie anche all'intervento di organi ematopoietici speciali, mentre organi ematolitici particolari contribuiscono ad affrettarne la fine e a far entrare i materiali che lo costituiscono nel ciclo di altri metabolismi che corrispondono ad altre esigenze dell'organismo. In altre parole il corpuscolo rosso rappresenta una serie numerosa e complicata di problemi non solo come elemento isolato ma pure pei rapporti che fanno la sua vita solidale con quella di tutto l'organismo cui esso appartiene.

Così è pure della clorofilla; dovrò io rammentare le innumerevoli diversità di forma dei cloroplasti e delle cellule a clorofilla e la infinita varietà delle foglie a seconda delle speciali necessità di assimilazione delle diverse piante e delle varie condizioni di ambiente nelle quali esse vivono e come una pianta con insuperabili lenocini non solo distilli nei suoi fiori particolari profumi ed elabori speciali colori ma possa pure costruirsi gli organi della fecondazione ed i loro annessi con tali contorni da attirare quegli animali che servono come sicuri intermediari per la propagazione della specie?

Non vi è chi non intenda che potrei continuare indefinitamente con queste domande, perchè, pur eludendo la grave e tanto controversa e così fondamentale e forse universale questione della psiche, i problemi chimici e morfologici degli esseri viventi ed i rapporti che indissolubilmente li avvincono ci appaiono, essi veramente, senza fine e senza confine.

Ci è lecito dunque di sperare che là dove si sono mostrati impotenti i biologi, che ogni giorno più si manifestano consapevoli della immensità del mistero, valgano le intuizioni tratte dallo studio dei processi chimici per illuminare le tenebre che avvolgono i moventi dei fatti vitali? Potremo noi sottoporre le armonie della vita, le *finalità dinamiche* di essa (Driesch) a leggi come quelle delle proporzioni definite, degli equilibri chimici e delle velocità di reazione?

Dovremo noi considerare gli esseri vivi come semplici mescolanze di sostanze chimiche che si polarizzano in forme strutturali per condizioni che derivano principalmente da condizioni intrinsiche a queste sostanze, a somiglianza dei cristalli, o dai rapporti reciproci di questi composti fra loro?

O non vedremo nelle varie strutture che gli effetti di tensioni superficiali diverse o di forze molecolari consimili?

E quando ciò fosse, ed è permesso di dubitarne, come possiamo noi oggi accordare tanta fede nella capacità avvenire della chimica per la soluzione di così gravi problemi, essa che è ancora tanto empirica e perciò quasi altrettanto intuitiva quanto la Biologia, essa che non appena i fatti si complicano si trova « bei den geheimnisvollen Verhältnissen wo nur der wundervolle Instinkt des Chemikers den Weg zu finden weiss? [1]

Può darsi che queste mie parole siano tacciate di soverchio criticismo e che io sia accusato di obliare che ciò che importa, nella scienza come nel resto della vita, si è di agire, mentre la speculazione critica può essere una superfluità non sempre vantaggiosa. Certo non è nelle mie intenzioni di disconoscere la grandissima importanza delle ricerche chimiche e di Chimica fisica per la Biologia. Sarebbe assurdo e in contraddizione con quanto si cerca di fare nel mio laboratorio. Ho voluto soltanto stabilire i limiti di applicabilità dei così detti fatti scientifici alla rappresentazione dei fenomeni vitali, per quanto riguarda la Chimica fisiologica, e significare come spesso questi fatti siano soltanto il prodotto di artifici tecnici; i quali sono quanto di meglio, pel momento almeno, noi possiamo fare, ed i progressi della Fisiologia lo dimostrano, purchè però, amo ripeterlo, essi siano di tanto in tanto interpretati da una critica severa ed imparziale; e ciò per impedire che la scienza diventi inconsapevolmente la vittima delle sue locuzioni e dei suoi stessi mezzi di indagine.

Debbo fare un' altra considerazione prima di finire: si troverà da molti che le mie osservazioni sono per la maggior parte inspirate dal più deplorevole finalismo e che perciò io pecco di eresia verso quei dogmi di certa scienza esclusiva che non considera il teleologismo come una dottrina scientifica e ciò perchè si può sostenere, ma con notevoli restrizioni, che la fisica e la chimica non hanno bisogno di essere finaliste. Dovremo perciò escludere ogni affermazione teleologica anche dalla Biologia? È proprio necessario di essere così rigorosamente unilaterali e di proclamare che non vi è

[1] J. B. VAN'T HOFF - *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie.* Braunschweig, 1900, III Heft, S. 136.

nulla di scientificamente vero che non sia fisica o chimica solo perchè esse si adornano di rappresentazioni dottrinali che meglio soddisfano ai bisogni un poco ingenui della nostra logica? Non fosse che come ipotesi di lavoro il concetto della finalità è altrettanto indispensabile al biologo che la teoria atomica al chimico, più ancora forse, perchè noi non sapremmo analizzare le funzioni di un organo, impostando razionalmente una serie di indagini sopra di esso, senza essere dominati dal pensiero dello scopo al quale quell' organo è adibito.

Verrà forse un giorno nel quale potremo soddisfare il nostro bisogno di tutto unificare; ben venga esso. Intanto ci si permetta di essere ossequienti ai fatti senza preconcetti dogmatici e di affermare perciò che negli organismi viventi, anche prescindendo dai processi psichici, noi dobbiamo riconoscere tendenze evidenti ad uno scopo prossimo o remoto, che saranno illusorie, ma che la materia inorganica non ci presenta.

Perchè la Fisica è scienza più antica, perchè essa tratta problemi più semplici e più costanti e quindi ha raggiunto un grande sviluppo, dovremo noi necessariamente ammettere che la Biologia abdica al suo carattere scientifico se non adatta tutti i fenomeni che cadono sotto il suo dominio, senza eccezione alcuna, alle rappresentazioni meccaniche della Fisica?

Per quali necessità logiche o tecniche dovremo piegarci a queste intolleranti pretese?

« Da un punto di vista più progredito, dice Federigo Enriques [1], appare che la veduta unificatrice è costruita con criterii un po' ristretti ed unilaterali, poichè si accoglie come perfetto e generale il tipo di una scienza più sviluppata ed a questa si pretende di subordinare troppo rigidamente ogni altra forma di sapere. Quindi la veduta della filosofia meccanica viene modificata dai progressi della Biologia, la quale reagendo a sua volta sulla Fisica, ci prepara a comprendere una unificazione superiore, cioè un tipo di scienza più perfetto e generale, che contenga le varie forme particolari separate dalle esigenze della Tecnica ».

Esploriamo dunque gli esseri viventi senza preconcetti e senza restrizioni; essi potranno allora insegnarci molte cose

[1] Federigo Enriques - *Problemi della Scienza.* Bologna, 1906, pag. 578.

che forse neppure lontanamente supponiamo, e che non ci hanno mai colpito anche perchè fra esse e noi abbiamo sempre interposto, come schermi opachi ed ingombranti, le nostre prevenzioni semplicistiche, le nostre imposizioni unificatrici.

Il mio illustre e caro amico, Giacomo Ciamician, nell' articolo sovra citato, vuole per un istante mettersi in compagnia di quella curiosa e strana figura di sofista e di alchimista che Goethe ha immortalato nella sua tragedia sublime:

« Was man an der Natur Geheimnissvolles pries
Das wagen wir verständig zu probieren,
Und was Sie sonst organisch liess,
Das lassen wir krystallisieren,

dice Wagner il famulus di Faust; e chi può sapere se non si potrà arrivare fino all' homunculus? » si chiede il chiarissimo chimico di Bologna.

A questa domanda lascio che l'homunculus stesso risponda:

Das ist die Eigenschaft der Dinge:
Naturlichem genügt das Weltall kaum;
Was künstlich ist, verlangt geschlossnen Raum.

Firenze, Istituto di Studi Superiori.

GIULIO FANO

IL BISOGNO DI LUCE DELLE PIANTE

Dai tempi più antichi l'umanità considera la luce come fonte dell'esistenza, come causa delle prime origini, e indispensabile condizione della vita che ci attornia.

La generazione spontanea rimane pur tuttavia uno dei problemi dell'universo, e la scienza non ha saputo ancora dirci, se l'antichissima ipotesi degli uomini sulla prima origine delle piante abbia colpito nel giusto.

Poichè, secondo l'opinione di molti scienziati, i quali ammettono come eterna la vita nell'universo, sarebbe meglio escludere dallo studio della natura il problema delle origini.

Qui in ogni modo noi ci troviamo dinanzi a un fine non ancora raggiunto, e anzi, secondo parecchi, irraggiungibile. Ma molto pure ci volle prima che si cominciasse ad afferrare un problema affine a questo, e, secondo ogni previsione, solubile: il problema cioè della relazione che intercede fra luce e vita nell'odierno mondo degli organismi. Spettava al genio di Jngen-Housz, sulla fine del secolo XVIII, rivelare il principio di questa relazione, dimostrando, che la pianta *verde,* o, più precisamente detta, *clorofilliana,* e anche questa *soltanto alla luce,* possiede la facoltà di assimilare l'acido carbonico dell'aria, ossia di trasformarlo in sostanza organica.

Così si venne a riconoscere nella pianta verde la generatrice della sostanza organica, cioè l'organismo che, con l'aiuto della luce, poteva operare la trasformazione in organica della materia non organica. Con questa sostanza organica prodotta alla luce, la pianta non solo edifica il proprio corpo, ma anche, col sopra più delle riserve prodotte per sè stessa (amido, grasso, aleuroni ecc.), mantiene tutto il mondo ani-

male, e, coi prodotti di scomposizione delle sue sostanze organiche e con una utilizzazione più o meno grande dei materiali di riserva, mantiene anche le piante senza clorofilla, che non dipendono dalla luce, e, prime fra tutte, i funghi, compresi i batteri.

Ma la pianta verde, con l'opera della luce, non provvede soltanto al nutrimento del mondo animale. La pianta è anche necessaria a questo e a tutto il mondo organico come unico rigeneratore attivo sulla superficie terrestre dell'ossigeno che viene consumato in modo incessante dalla respirazione (degli animali e delle piante), dalla combustione e dalla putrefazione. Anche l'emissione dell'ossigeno ha luogo nella pianta verde soltanto alla luce; anzi la produzione della sostanza organica e la separazione dell'ossigeno costituiscono un unico e medesimo processo.

Da tempi antichissimi è noto come le piante utilizzino la luce in diverso grado e ogni persona, che per poco solo sia familiare col mondo delle piante, conosce le graduazioni più grossolane del bisogno di luce delle piante.

Si sa che molte piante, per esempio le specie di *Cactus* dei deserti dei paesi caldi, prosperano soltanto nell'ardore del sole, mentre parecchi modesti fiorellini si ritirano nelle ombre più profonde dei boschi, e periscono se vengano abbattuti gli alberi che li proteggevano: essi muoiono allora per un eccesso di luce.

Tali tipi così spiccatamente caratteristici di piante aventi diverso bisogno di luce, inducono nella mente del naturalista la presunzione che le piante abbiano un bisogno di luce in grado diversissimo come in grado diversissimo, secondo c'insegna l'esperienza, hanno bisogno di calore.

Ora, come mai, mentre noi conosciamo a fondo questo bisogno di calore delle piante, sul bisogno di luce invece parimenti importante — per non dir più — fino ai tempi più recenti, non sapevamo dir altro che esistono piante da sole e piante dell'ombra? Il motivo di ciò sta nella facile misurabilità della temperatura e nell'andare unita invece a grandi difficoltà la determinazione dell'intensità della luce.

Per mezzo del termometro si poterono scoprire i limiti di temperatura fra i quali prosperano le nostre piante e determinare i punti cardinali della temperatura, sotto i quali le piante più importanti, geograficamente caratteristiche, pos-

sono vivere e trovare rispettivamente le migliori condizioni di sussistenza. Ogni giardiniere si serve oggi del termometro per regolare corrispondentemente il calore di una serra.

Da lungo tempo senza dubbio erano già state intraprese misurazioni della luce in aiuto della fisiologia delle piante, per determinare le relazioni dei singoli fenomeni fisiologici rispetto all'intensità della luce, per conoscere, p. es., a quale minima o massima intensità di luce reagisce ancora un organo vegetale sensibile alla luce, o con quale minima intensità di luce si forma la clorofilla, o ha luogo la su citata assimilazione dell'acido carbonico, così essenziale per il mondo organico ecc.

Ma ancora rimaneva a studiarsi come la pianta *nel suo insieme* si comportasse rispetto all'intensità di luce del suo luogo naturale di esistenza, quale parte avesse l'illuminazione naturale nel determinare il suo espandersi sulla superficie terrestre, come pure rimanevano ancora a farsi altre ricerche corrispondenti a quelle sul bisogno di calore dei vegetali.

In questi ultimi quindici anni io mi sono attivamente dedicato a riempire questa grande lacuna. Qui ci troviamo di fronte a un problema *risolubile:* soltanto bisogna vincere la difficoltà del misurare l'intensità della luce, che opera sulle piante.

Dopo matura riflessione e dopo molti tentativi preliminari trovai applicabile alla misurazione della intensità della luce il metodo fotografico, adoperato primieramente da Bunsen e Roscoe per la misurazione della intensità chimica della luce. Veramente con questo principio si ottiene soltanto la così detta intensità chimica della luce, ossia l'influenza dei raggi azzurri, violetti e ultravioletti. Ma in sostanza si utilizzano sempre di regola certe determinate parti soltanto dello spettro, e dalla intensità di luce così accertata si deduce la intensità totale. Così p. es. nelle misurazioni di L. Weber sulla luce diurna. Sotto determinati presupposti e con certe precauzioni, si può effettivamente dedurre dalla intensità delle luci chimiche la intensità della luce in generale. Così mediante l'impiego delle carte al cloruro di argento di Bunsen e Roscoe si ottiene quanto basta per riuscire a determinare la utilizzazione della luce da parte delle piante. Per bisogni speciali si possono poi impiegare delle carte fotografiche, che indicano l'intensità anche di altre parti dello spettro luminoso, come per esempio la carta alla rodamina (Rhodaminn B. Papier) trovata

dall'Andresen, la quale reagisce quasi a tutta la porzione visibile dello spettro.

Queste misurazioni fotografiche della intensità della luce sono riuscite così semplificate col metodo da me elaborato, che si può compiere una misurazione diretta in qualunque luogo, come, per es., sotto un cespuglio all'ombra del quale si nasconde la pianta, di cui si voglia determinare il bisogno di luce; come pure non presenta alcuna difficoltà il determinare l'intensità di luce, alla quale sia esposta una foglia situata nel mezzo della chioma di un albero.

Il tema che io mi sono proposto, di determinare cioè la relazione delle piante con l'intensità e la quantità di luce, consiste prima di tutto nella determinazione numerica del loro bisogno di luce.

A questo scopo ho determinato *l'utilizzazione della luce* (Lichtgenuss) delle piante, e per mezzo di essa mi sono creato un mezzo idoneo per giudicare il loro bisogno di luce.

Per utilizzazione di luce intendo il rapporto fra l'intensità della piena luce del giorno [1] e l'intensità della luce, che agisce sul luogo ove le piante si trovano. Se si espone una pianta alla luce piena del giorno, la sua utilizzazione di luce è $L = 1$, e questo valore non può essere superato. Se la medesima pianta nel caso estremo resiste ancora in luoghi dove essa riceve soltanto una ventesima parte della luce del giorno, la sua utilizzazione minima della luce è eguale a 1/20, mentre la massima è pari a *uno*. Il bisogno di luce di questa pianta è quindi caratterizzato dal valore $L = 1 - 1/20$.

Queste cifre indicano veramente un *rapporto,* al quale corrispondono le intensità di luce più diverse. Noi esprimiamo con questi numeri l'utilizzazione *relativa* di luce, cioè un valore, che, come dimostrerò più avanti, è della massima importanza nel caratterizzare il bisogno di luce della pianta.

Basta esprimere in una data unità di misura (p. es. nell'unità di Bunsen e Roscoe) tanto l'intensità della luce piena del giorno, che l'intensità della luce nel luogo rispettivo ove trovasi la pianta, per ottenere l'utilizzazione di luce assoluta.

Le misurazioni si ottengono con un errore che può salire

[1] Per « piena luce diurna » nel senso di Bunsen e di Roscoe devesi intendere l'intensità di tutta la luce diffusa e diretta, misurata su una superficie orizzontale.

fino a ± 5 per cento. Tuttavia si ottengono risultati molto utili. Si è riusciti per esempio a determinare le leggi, rimaste finora sconosciute, dell'espansione geografica delle piante (sulla quale io dovrò maggiormente diffondermi) e a stabilire il bisogno di luce, così importante per le culture dei boschi, in modo più preciso che non fosse stato possibile finora. Così, per l'utilizzazione relativa ed assoluta della luce si sono trovate le cifre seguenti:

Larice 1/5 (0.250).
Betulla 1/9 (0.144).
Pino 1/11 (0.118).
Thuja 1/20 (0.070).
Carpino 1/56 (0.023).
Faggio 1/60 (0.021).
Bosso 1/100 (0.012).

Il massimo dell'utilizzazione relativa di luce di queste piante legnose è sempre = 1.

Le frazioni segnate nella serie su esposta ci danno i *minimi* della utilizzazione *relativa* di luce. Le cifre aggiunte fra parentesi indicano l'utilizzazione *assoluta* di luce, constatata in ciascun caso, espressa con la corrispondente frazione del massimo di intensità della piena luce diurna [1].

Una speciale attenzione fu rivolta alla relazione dell'utilizzazione della luce col modo di vivere della pianta. Non posso, in questo rapido abbozzo dei miei studi sull'utilizzazione della luce, indugiarmi su questo soggetto così interessante, ma devo invece contentarmi di illustrarlo con un esempio particolarmente caratteristico.

Si è scoperto il fatto meraviglioso, che nelle piante legnose verdi d'estate (ossia in quegli alberi e in quegli arbusti che in autunno perdono completamente le foglie), l'utilizzazione

[1] Serva di illustrazione il seguente esempio, che si riferisce alla betulla. L'utilizzazione *relativa* della luce di questo albero sul luogo di osservazione è 1 — 1/9, cioè l'albero può sopportare l'intera luce del giorno; ma, nella parte più riposta della sua chioma, l'intensità di luce necessaria per la vita può scendere fino a un nono della piena intensità di luce: e siccome nel luogo di osservazione il massimo dell'intensità luminosa è 1,296 (Bunsen) il massimo dell'utilizzazione *assoluta* della luce rimane caratterizzato dal valore 1,296, e il minimo da quello 1,296 : 9 = 0,144.

relativa della luce si mantiene costante durante tutto il periodo di vegetazione. Di qui consegue senz'altro che l'utilizzazione assoluta della luce cresce e cala col salire e col discendere dell'altezza meridiana del sole [1]. Ma come può mantenersi costante in questo spazio di tempo l'utilizzazione relativa della luce? Questo comportamento meraviglioso si ottiene mediante una riduzione successiva di tutta la massa del fogliame dell'albero: dal principio dell'estate l'albero si spoglia di una parte del fogliame, corrispondentemente al declinare dell'altezza meridiana del sole, e precisamente cadono prima quelle foglie, che sono illuminate in modo più debole. Così si manifesta la *caduta estiva delle foglie,* che prima si è affatto trascurata, per quanto negli alberi di fitto fogliame venga così sacrificata una parte molto considerevole della massa totale delle foglie (nel castagno d'india, circa un terzo). Verso la fine del periodo di vegetazione, alla caduta delle foglie causata dalla loro deficiente illuminazione, si aggiungono ancora altri fattori che operano nella stessa guisa e la caduta estiva delle foglie si trasforma nel ben noto *cader delle foglie d'autunno.*

Un altro tema, che io mi ero proposto nel seguire i miei studi sulla utilizzazione della luce, consisteva nella ricerca della relazione fra le condizioni di illuminazione della superfice terrestre e la *diffusione geografica* delle piante. Appunto la determinazione di questo rapporto costituisce un tema di grande attualità. Per troppo tempo si è continuato a trattare la geografia botanica solo descrittivamente, con l'elaborazione statistica dei prodotti della flora di piccole estensioni di territorio.

Soltanto nei tempi più recenti due studiosi, lo Schimper e il Warming, si sono di nuovo occupati di ciò che il creatore della geografia botanica, Alessandro von Humboldt, aveva additato come fine ultimo, la ricerca cioè delle cause da cui dipende l'espansione delle piante sulla superficie terrestre.

[1] Se, per esempio, l'utilizzazione *relativa* della luce è $= 1/10$, con una intensità della luce piena del giorno pari a 1,500 (Bunsen) l'utilizzazione *assoluta* salirà a 0,150, e con una intensità di 0,820 scenderà a 0,082. Se dunque l'utilizzazione relativa della luce è costante, quella assoluta deve crescere col crescere di tutta la luce diurna, e diminuire invece col digradare della chiarezza del giorno.

Il primo, colla sua geografia vegetale a base di fisiologia vegetale, e il secondo, colla sua geografia vegetale ecologica, hanno posto tanto l'uno che l'altro in prima linea, nella ricerca della diffusione dei vegetali sulla superficie terrestre, l'elemento climatologico ed edafico. Che gli studi sulla utilizzazione della luce possano essere utili a tale indirizzo è evidente, perchè, dato questo indirizzo geografico, essi tendono appunto a stabilire la relazione del clima luminoso con la vegetazione. Lo Schimper ha riconosciuto subito la fecondità delle mie ricerche fotometriche nel campo della fisiologia vegetale e ha già posto i primi risultati di queste mie ricerche, pubblicati da circa dodici anni, a base del capitolo della sua opera relativa alla influenza della luce sulla diffusione delle piante.

Queste ricerche per la misurazione della luce da compiersi in aiuto della geografia botanica richiedevano grandi viaggi.

Durante questi ultimi quindici anni, questi studi mi spinsero in Egitto, in India e a Giava, e poi di nuovo nell'alta Europa settentrionale, fino allo Spitzberg; infine nell'America settentrionale dove tentai di determinare la relazione fra le condizioni di illuminazione date dall'altezza sul livello del mare e la diffusione delle piante.

In questi studi si trattava di trovare un profilo altimetrico il quale si innalzasse a partire dal livello del mare, o da altezze minime, salendo, per quanto possibile lentamente, fino ad altezze di circa 3000 metri coperte di alberi, e che, per motivi che spiegheremo subito, si mantenesse per quanto possibile nella direzione da Est ad Ovest. In Europa non mi fu possibile trovare un profilo altimetrico di tal genere. Dopo accurate ricerce geografiche riuscii a trovare quanto desideravo nell'America settentrionale. Dal Missouri (circa 200 m. s. l. d. m.) al corso inferiore e di qui al corso superiore dell'Yellowstone River si giunge gradatamente proseguendo sempre nella direzione da Est ad Ovest, ad altezze di circa 3000 metri, coperte di alberi. La necessità, affine di rendere possibile lo studio dei cambiamenti dell'utilizzazione della luce in relazione all'altezza sul mare, che il profilo dovesse mantenersi all'incirca nella direzione d'un parallelo terrestre, è dovuta al fatto che, come dimostrerò subito, anche con lo stesso mutare della latitudine geografica ha luogo un cambia-

mento nella utilizzazione della luce. Bisogna dunque cercare che il profilo, che deve servire a determinare la relazione fra l'utilizzazione della luce nelle piante e l'altezza sul mare, si estenda da Est a Ovest.

Se si segue la specie di un albero verso il Nord, e per quanto è possibile fino al limite artico della sua vegetazione, e si osserva la sua utilizzazione relativa della luce, si ottiene un aumento tanto maggiore di questo valore, quanto più ci si accosta al limite polare della sua diffusione. I minimi dell'utilizzazione relativa della luce diventano sempre maggiori, e si avvicinano sempre più al massimo. Delle specie di acero, i cui limiti di utilizzazione della luce oscillano presso di noi fra 1 e 1/50, riducono questo intervallo a 1 — 1/25 a Drontheim, e a 1 — 1/8 a Tromsö. Anzi per alcune piante legnose accade, che, non solo il massimo e il minimo dell'utilizzazione relativa della luce coincidono, ma anche quelli dell'utilizzazione assoluta.

Questo è il caso per esempio della betulla nana, la quale ad Adventhoi (Spitzberg) raggiunge un valore di L = 1, che vale tanto per il massimo che per il minimo dell'utilizzazione relativa della luce, e nella quale l'utilizzazione assoluta della luce coincide con l'intensità della luce totale del giorno.

Questo fatto è poi la base di una importante legge di diffusione delle piante, rimasta finora affatto sconosciuta.

Quei punti della terra, nei quali il massimo dell'utilizzazione della luce di date piante coincide col minimo, segnano i confini dell'espansione artica di queste piante.

Questa proposizione non vale soltanto per gli alberi e gli arbusti, ma per tutte le piante per cui la luce è condizione necessaria al loro sviluppo.

Siccome il bisogno di luce cresce con l'aumentare della latitudine, e, viceversa, col progredire della stagione dalla primavera all'estate, diminuisce nella medesima pianta tanto l'utilizzazione relativa della luce che l'assoluta, così si viene alla conclusione, importante dal punto di vista biologico, che, almeno nei casi accennati, *il bisogno di luce di una pianta cresce tanto più, quanto più fredda è la temperatura media alla quale si trovano esposti gli organi della pianta medesima.* Certamente si richiede tanta maggior luce per il riscaldamento della pianta quanto più bassa è la temperatura dell'aria, del suolo e relativamente dell'acqua, nella quale queste piante vivono.

La proposizione ora enunciata circa l'interdipendenza fra il bisogno di luce delle piante e la temperatura media che le circonda, non vale tuttavia generalmente. Quando, al principio dei miei studi sulla utilizzazione della luce, ricercavo il bisogno di luce nelle piante a secondo che salivasi dal piano ai monti, credevo che la relazione sopra enunciata valesse anche in questo caso. Tuttavia, siccome le mie osservazioni non riguardavano che altezze poste a meno di 1000 metri sul mare, nutrivo un certo dubbio sulla possibilità di generalizzazione di questo principio, e questo fu il motivo che mi spinse ad estendere le mie ricerche sul bisogno di luce delle piante ad altezze molto maggiori, pure coperte di vegetazione.

Infatti trovai in America, da prima, la conferma di ciò che io avevo già stabilito per diverse piante in Europa: che cioè, fino a un determinato limite, l'utilizzazione della luce cresce con l'altezza sul mare. Poi l'utilizzazione relativa della luce nelle piante, e infine l'assoluta, diviene costante. Il primo fatto si può spiegare facilmente: il rimanere costante della utilizzazione relativa della luce con l'aumentare dell'altezza sul mare sta ad indicare che l'utilizzazione assoluta continua a crescere, solo più lentamente. Ma la seconda quistione è rimasta fin qui un enigma.

Invece si potè constatare con l'osservazione immediata un fatto parimenti importante nel riguardo biologico; che cioè col crescere dell'altezza sul mare la pianta si sottrae a una parte della luce che le affluisce. Col crescere dell'elevazione sul mare cresce l'intensità dell'irradiazione diretta del sole, mentre la luce diffusa diventa sempre meno forte. Col salire alle grandi altezze sul mare le conifere prendono l'*habitus* cipressiforme, e lo prendono perfino i pini, che, nei luoghi più bassi, hanno una chioma arrotondata.

Con tale conformazione questi alberi si difendono contro l'intensa irradiazione diretta, che emana dal sole alto sull'orizzonte. Anche la luce diffusa più intensa, ossia quella che giunge dallo Zenit (la luce alta) non ha nessuna parte nella vita di questi alberi cipressiformi; essi sono invece segnatamente influenzati dalla luce bassa, e dalla irradiazione solare proveniente dalle posizioni medie e inferiori del sole.

Ma nello studio del bisogno di luce delle piante non mi ha interessato soltanto il lato *teoretico* del problema, prevalentemente biologico e riguardante la geografia delle piante.

Anche in questi studi mi animò la mia antica inclinazione, a cercare di porre in servizio della vita l'esperienza e le conoscenze scientifiche, e quindi ad interessarmi anche del lato pratico, cercando di mostrare come si possono vantaggiosamente applicare le misurazioni della luce sia alla coltura delle piante all'aria libera, che a quella in serre o in luoghi di abitazione. Molti agricoltori e silvicultori di alta riputazione scientifica, hanno apprezzato gli incitamenti dei miei scritti e hanno condotto a termine ricerche basate su misurazioni fisiologiche della luce, le quali sono ben chiamate a promuovere essenzialmente una razionale coltura delle piante.

In numerose dissertazioni ho descritto i risultati dei miei studi sulla utilizzazione della luce e ho tentato di rendere accessibili a un più ampio circolo di persone, in un' opera pubblicata appunto ora, quei frutti dei miei studi, che mi appaiono più maturi [1].

Quest' opera non forma un puro estratto dei miei numerosi studi dedicati all' utilizzazione della luce nelle piante. Da un lato mancano i dettagli, già esposti ampiamente in questi miei studi ora citati, mentre si è avuto principalmente riguardo ai risultati ottenuti nelle ricerche; d'altro lato il libro contiene anche nuovi tentativi e i risultati di ricerche finora non divulgati, dei quali io voglio mettere qui due in evidenza. Io dimostro, che, nei limiti dell' utilizzazione della luce, il fogliame di ogni pianta sviluppa un verde stazionario specifico. Questo verde, da me appunto caratterizzato come specifico, costituisce una proprietà caratteristica delle specie di piante della stessa importanza di ogni altra proprietà utilizzata nella descrizione delle specie botaniche, come p. es. la forma delle foglie. Naturalmente anche questa caratteristica specifica è sottoposta tanto alla legge della costanza che a quella delle variazioni, come ogni altra proprietà caratteristica dell' organismo.

Come affatto nuovo bisogna poi considerare il mio tentativo di avviare un' analisi fisiologica dell' utilizzazione della luce. L' utilizzazione relativa della luce ci si presenta come

[1] Quest' opera è già apparsa in una edizione di W. Engelmann a Lipsia, sotto il titolo: *Der Lichtgenuss der Pflanzen;* Ricerche fotometriche e fisiologiche con speciale riguardo al tenor di vita, alla diffusione geografica e alla cultura delle piante.

un vero enigma. Col minimo dell'utilizzazione della luce cessa in certo modo lo sviluppo della pianta in condizioni naturali, cioè all'aria libera, mentre nell'esperimento e coll'esclusione della concorrenza si può facilmente riuscire ad allevare le piante anche sotto il minimo della utilizzazione relativa e fino a un limite determinato, anzi, astrazione fatta da singole eccezioni, si può, persino con l'esclusione totale della luce, portare la pianta a un certo grado di sviluppo. Ma io non mi posso qui spingere oltre in questo intricato problema, lo scopo di questo piccolo contributo essendo solo quello di rendere accessibile a un circolo più esteso di lettori il problema enunciato nel titolo.

Per finire, io vorrei accennare che il mio libro è diviso in una parte teorica e in una pratica. Nelle righe più avanti si è chiarito a che deve servire la parte *teorica*. Quanto a quella *pratica* faccio osservare, che io, non solo ho brevemente esposto in essa le ricerche fotometriche sulla cultura delle piante legnose nei giardini, nelle passeggiate, nei viali stradali, e sulla cultura delle piante nei luoghi di abitazione e nelle serre, ma anche ho brevemente riassunto quanto altri studiosi hanno compiuto nel campo della cultura botanica, a ciò incoraggiati dalle mie misurazioni fotometriche di fisiologia botanica. Fra altro sono citati nella parte pratica del libro: le misurazioni della luce per la coltura dei prati alpini, di Th. v. Wemzierts; le ricerche su l'influsso dell'ombra sulle aiuole a prato, di Stebler e Volkart; gli studi sull'importanza della luce nei boschi, di Cieslar; l'esame del bisogno di luce della vitalba, a seconda del metodo di coltura, di L. Linshauer; infine le ricerche comparative sul reddito zuccherino delle barbabietole secondo la coltura nella luce diffusa o in quella del sole, di S. Strakosch.

Vienna.

JULIUS WIESNER

IL PITHECANTHROPUS ERECTUS

E L' ORIGINE DELLA SPECIE UMANA

La somiglianza fra l' organismo umano e quello degli antropoidi non si può comprendere che come l' espressione di una reale parentela. Parentela vuol dire comunità di origine certamente; ma quanto a precisare a che livello dell' albero genealogico si trovi l' origine comune, non si può che fare delle ipotesi. Possiamo pensare che da una forma scimmiesca primitiva, mentre si differenziano i diversi rami dei primati, si svolga contemporaneamente un prothomo, direbbe il prof. Morselli, forma dapprima indifferenziata, che in seguito si comincierà a differenziare in tre o quattro direzioni che condurranno poi alle principali branche attuali. Il Keane difatti ammette, teoricamente, un precursore al pliocene e parecchi al pleistocene; e anche noi crediamo che bisogna mettere molto indietro, il che vuol dire molto in basso, l' inizio del differenziamento umano, che realmente è tale da includere un lungo spazio di tempo. Ciò anche per ragioni anatomiche, perchè — a parte gli ossicini accessorî del cranio sui quali il Maggi faceva forse troppo assegnamento —, vi sono delle particolarità morfologiche, ad esempio il terzo trocantere, che si trovano nell' uomo e nelle scimmie inferiori, mentre mancano negli antropoidi. Infine altresì per tutte quelle divergenze morfologiche, ad es. il diverso sviluppo degli arti, che ci impediscono di credere che l' uomo sia un' evoluzione diretta degli antropoidi, i quali sono già troppo specializzati per loro conto e quindi non più adatti a dare origine a una nuova direzione, secondo la ben nota legge di Cope. È necessità dunque ammettere che siano esistiti prima dell' uomo degli esseri meno specializzati degli antropoidi, ma pure gerarchicamente allo stesso livello e anche più in alto.

La paleontologia non ci fornisce tutti i documenti desiderabili, come essa fa, ad es., per i precursori degli Equidi. Sinora non ci ha fornito che il *P. e.* e molto incompleto; ciò nonostante risponde ai requisiti desiderati, se come afferma lo Schwalbe è appunto una forma meno specializzata, o secondo egli dice più generalizzata, mentre gerarchicamente è più elevata degli antropoidi.

Il fatto più assodato relativamente al *P. e.* si può ritenere questo, che l'insieme del cranio è certamente scimmiesco, e che è tale anche per diversi dettagli morfologici, specialmente per la presenza della cresta occipito-temporale, cioè la cresta occipitale che si continua nella cresta sopramastoidea, il che indica un'estensione di impianto dei muscoli nucali molto maggiore che nell'uomo: difatti sulla linea mediana viene raggiunto il punto occipitale massimo, ciò che è un carattere essenzialmente scimmiesco. Specialmente i crani di giovani scimpanzé, in cui lo sviluppo encefalico non è ancora nascosto e deturpato dall'esuberante sviluppo muscolare, presentano le maggiori analogie. Ciò non vuol dire che il *P. e.* abbia realizzato allo stato adulto, come crede il Manouvrier, una forma giovanile di un altro antropoide. Si tratta invece di coincidenze dovute al fatto che nel *P. e.* manca il differenziamento raggiunto dagli antropoidi in quel loro stadio evolutivo ultimo che è caratterizzato dall'eccessivo sviluppo delle mascelle e dalle immense impronte muscolari: tutto ciò manca nel *P. e.* perchè è appunto la qualità delle forme ancestrali questa di non essere ancora differenziate. Questa sembra che sia anche l'opinione del prof. Schwalbe, che ha fatto uno studio notevole sulla calotta di Trinil, o almeno si può dedurre dal fatto che non ammette le proposte rassomiglianze ristrette all'Hylobates, ma trova che il *P. e.* presenta delle rassomiglianze con tutti i gruppi di Primati, comprese le scimmie platirrine. Sebbene lo Schwalbe lo ritenga una forma ancora generica o indifferente, ad ogni modo sta il fatto che il punto di partenza della sua evoluzione, e quindi dell'evoluzione umana, dato che il *P. e.* sia il precursore, si può trovare eventualmente anche a livello delle scimmie platirrine, o, meglio, si può ritenere emergente da un fondo comune a tutte quante le scimmie, comprese le americane.

Non mancano altri argomenti a favore di tale ipotesi, alcuni forniti dalla paleontologia, altri dall'anatomia comparata. L'importantissima mandibola dell'Anthropops perfectus

notevole per la forma parabolica dell' arcata, l' altezza e la larghezza della sinfisi, la continuità della serie dentale, la piccolezza del canino, tutti caratteri umani, presentava la formula dentaria dei Cebidi attuali, cioè nella dentizione permanente un premolare di più che l' uomo. Ciò dimostra l' esistenza di un fondo comune antichissimo con caratteri che adesso troviamo nella gerarchia più alta e perciò chiamiamo superiori, sebbene per sè stessi non indichino alcuna superiorità. Ugualmente il Nesopithecus del Madagascar — altro esempio riferito dal Morselli nella sua « Antropologia generale », opera che io molto utilizzo per questo riassunto — un simiade di alta statura, che Forsyth-Major, suo scopritore, ritiene un antropoide, almeno pel cranio, con dentatura di lemuride, è messo dal Gaudry fra i Cebidi. Le pretese distinzioni gerarchiche dei primati attuali, trasferite nella paleontologia, risultano molto precarie e confuse, e ciò si comprende per la maggiore vicinanza del fondo comune, dal quale sono derivati direttamente i varî rami.

Dal punto di vista poi dell' anatomia comparata le moderne teorie, svolte specialmente dal Klaatsch, sulla origine comune del gruppo dei primati da un fondo primatoide — all' inizio dell' era terziaria — armonizzano a meraviglia con l' ipotesi, sostenuta dallo stesso Klaatsch, che le scimmie americane abbiano conservato, molto meglio delle scimmie catarrine, le antiche caratteristiche comuni anche all' uomo. Alcune platirrine, gli Ateles ad es., hanno un peso encefalico molto elevato rispetto al peso del corpo, e il cervelletto ricoperto dagli emisferi, ciò che dà una bella curva al cranio, mentre il forame occipitale viene portato in avanti, e si ha una certa attitudine a tenere dritta la testa, e la deambulazione è pure quasi eretta. Gli Ateles possono percorrere un certo tratto di strada col dorso eretto, con le gambe leggermente piegate, tenendo le braccia distese sui lati del corpo affinchè servano all' equilibrio, come fa il Gibbone, che del resto ha nel capo molta rassomiglianza con le scimmie americane, secondo il prof. Klaatsch — dal quale tolgo queste notizie —, e mentre si avvicina alle platirrine, rassomiglia in questo — cioè nel cranio — all' uomo stesso più degli altri antropoidi. Ciò che è molto eloquente per il concetto che questi caratteri cosidetti umani vengono molto di lontano, vengono dal fondo primatoide e sono distribuiti un po' dapertutto.

Non è necessario dunque, e nemmeno probabile, che il *P. e.*, e l' uomo siano passati per uno stadio di pithecus, nonostante la formula dentaria comune. Niente ci vieta di pensare che tale dentatura, come fu acquistata dai piteci, sia stata pure acquistata, indipendentemente da un nesso filetico, dagli antropoidi e dal precursore dell' uomo, tanto più che da alcune Anaptomorphidae, i noti lemuri fossili dell' America, era stata pure acquistata, vale a dire sin dall' eocene. Si tratta di una diminuzione numerica semplicissima, che non è nemmeno assolutamente costante: casi eccezionali di 3° premolare sono stati riscontrati nell' uomo, nell' orango e in un cynocephalus; nell' uomo accade anche di trovare un 4° molare. Non bisogna dimenticare che l' illustre paleontologo americano, Cope, sosteneva nientemeno che la discendenza diretta degli antropomorfi, col qual nome riuniva l' uomo e gli antropoidi, dai lemuri saltando le scimmie inferiori. Lo Schlosser, così competente, fa venire l' uomo direttamente dallo stesso progenitore, un Cebus primitivo, dal quale derivano i Cebidi attuali. Tutto ciò prova che il *P. e.* e l' uomo stesso possono essere derivati anzichè da una scimmia catarrina da quel fondo molto primitivo e indeterminato nei suoi caratteri, che è alla base di tutte le linee divergenti dei primati: la paleontologia e l' anatomia comparata sono piuttosto favorevoli che contrarie a tale concetto.

Che si tratti di un fondo molto primitivo non sembrerà strano se non a coloro che credono i primati molto evoluti in tutto il loro organismo, ciò che è erroneo. È oramai assodato che i primati, anche i più alti, sono tuttora più prossimi allo stipite, cioè all' ideale Promammale, e anche ai rettili, a preferenza che altri ordini di mammiferi. Fu la condizione in cui si trovarono i progenitori dei primati e i loro discendenti, di essere, cioè, sprovvisti di efficaci mezzi di offesa o di difesa, che costituì la causa principale di un loro progresso unilaterale, essendo nella necessità di dover sviluppare e perfezionare precocemente — e il *P. e.* stesso ne è la prova — il loro encefalo, che è quanto dire la loro intelligenza; mentre conservavano, ad es., nelle estremità degli arti e nell' apparato dentale caratteri assolutamente primitivi. Il *P. e.*, nonostante il grande sviluppo del suo encefalo, che si calcola a circa 800 gr. — vale a dire poco meno di quello che si trova nelle razze umane inferiori (1100 gr. nel sesso maschile) —, fa l' impres-

sione di un organismo, che abbia subìto minori trasformazioni in confronto delle scimmie più elevate viventi e anche di certe fossili. Questa è pure l'opinione del Klaatsch, sebbene l'anatomico di Heidelberg — oggi professore di antropologia a Breslavia — non creda che si tratti del precursore dell'uomo, fornito di stazione eretta, come vorrebbe la denominazione. Egli dice che il femore è troppo diritto, manca anche di quella leggiera incurvatura che è tipicamente umana, e fa pensare piuttosto ai femori dei giovani gibboni, e anche a quelli delle scimmie americane, e con ciò si accorderebbe, secondo lui, la forma dell'articolazione del ginocchio. Però il Manouvrier, che studiò accuratamente questo femore, non notò nulla di tutto ciò. Virchow poi lo dichiarò assolutamente umano, mentre attribuiva a un altro essere, cioè a una scimmia, la calotta. La controversia è difficile a decidere, non essendo stati fatti modelli in gesso del femore, come è stato fatto per la calotta.

Un altro punto che dà maggiormente adito al dubbio è l'assenza degli arti superiori, poichè se questi si trovassero molto lunghi, in modo da servire d'appoggio all'animale nella stazione eretta o semieretta, allora si tratterebbe di un vero antropoide, e l'antropoide non può essere il precursore dell'uomo, poichè egli è già su una linea di sviluppo differente. Bisogna considerare come cosa certa l'opinione del Mahoudeau che gli antenati comuni dell'uomo e degli antropoidi non presentavano nè la preponderanza degli arti inferiori propria oggi dell'uomo, nè la preponderanza degli arti superiori caratteristica degli antropoidi, ma erano così conformati da poter prendere l'uno o l'altro adattamento. All'uomo e al suo precursore toccò di rafforzare i membri inferiori per circostanze probabilmente uniche; agli antropoidi invece, per altre circostanze più frequenti, toccò irrobustire gli arti superiori. Non è da credere dunque che l'uomo nella sua genealogia abbia mai avuto degli arti superiori eccessivamente lunghi; e siccome quelli del *P. e,* non li conosciamo, non possiamo perciò decidere se esso entra o no nella genealogia dell'uomo.

Fatte queste riserve, dobbiamo però affermare che il *P. e.*, come forma gerarchicamente elevata e nello stesso tempo poco specializzata, presenta appunto i due caratteri essenziali che si possono desiderare per un precursore; poichè concorda con la legge comune della paleontologia che le forme organiche

più differenziate siano come preannunziate da forme organiche indecise, quasi abbozzi o tentativi. È noto a tutti che i caratteri morfologici dei rettili si trovano disseminati in molti animali preistorici, anteriormente all' esistenza di veri rettili; lo stesso dicasi degli uccelli, dei mammiferi, e dei singoli ordini: ruminanti, carnivori, scimmie, ecc. Abbiamo già detto che perfino nel primo periodo del terziario, nei lemuridi dell' eocene della Patagonia, si trovano abbozzati dei caratteri umani. Nessuna meraviglia dunque di trovare alla fine del terziario un precursore dell' uomo, per quanto ancora non ben differenziato, nonostante i suoi caratteri di superiorità. Alla fine del terziario erano apparsi i generi più elevati in organizzazione e per intelligenza: il cane, ad esempio; un vero antropoide, probabilmente una forma ancestrale del gorilla, il Dryopithecus Fontani, era apparso già al miocene. L' uomo nel terziario ancora non è stato trovato, e probabilmente non sarà esistita che una forma ancestrale di esso: provvisoriamente possiamo contentarci del *P. e.*, se non altro come un' approssimazione a quella forma di precursore che, teoricamente, dev' essere ammessa da tutti gli evoluzionisti.

Da quanto abbiamo detto si deduce che, scartati gli antropoidi come una linea divergente, considerati i piteci come un' altra linea autonoma, considerato altresì il *P. e.* come il risultato di un' evoluzione distinta, cominciata a un livello molto inferiore, per quanto non determinabile precisamente, la conclusione è che tutti questi rami, come anche quello delle platirrine, sono indipendenti l' uno dall' altro, e che l' albero monofiletico dell' Haeckel — al quale albero del resto nessuno più crede nemmeno in Germania — non ha ragione di esistere nel campo dei primati. Questi sembrano più naturalmente disporsi in serie polifiletica, come tanti rami convergenti in una forma comune indifferenziata: ciò spiega perchè i cosidetti caratteri di superiorità si trovano variamente distribuiti, e un ramo si avvicina più all' uomo per certi caratteri, un altro ramo per certi altri; ciò dipende dalla parentela originaria, non già da una discendenza filetica.

Certamente le maggiori rassomiglianze dell' uomo sono con gli antropoidi; ma ciò non vuol dire altro se non che questi sono su una linea più vicina, ma non sulla stessa linea. Flower, Broca, Cope, Morselli li riuniscono con l' uomo in una stessa famiglia o sottordine; Huxley, Topinard e altri invece li sepa-

rano. Si tratta di apprezzamenti, che in fondo hanno un valore personale e subiettivo, e variano anche per uno stesso scienziato — è noto che Hunley cambiò la sua classificazione a pochi anni di distanza —: a noi interessano di più i fatti. E i fatti dimostrano che gli antropoidi sono una branca differenziata delle scimmie, nella quale certi caratteri si sono accentuati nel senso del genere di vita che loro è proprio, e altri si sono abbozzati in rapporto al raddrizzamento occasionale del tronco. La conseguenza è che essi presentano un miscuglio di caratteri scimmieschi esagerati, ad es. la funzione di prensione estesa agli arti inferiori, e di caratteri nuovi, ad es. l'adattamento più completo dell'arto superiore alla prensione e le incurvature della colonna vertebrale, del resto poco accentuate. Questi ultimi li avvicinano all'uomo, mentre i primi li allontanano. Però i caratteri nuovi in dipendenza del raddrizzamento del tronco non si devono imputare come acquisiti in seguito alla stazione eretta, la quale è affatto eccezionale e non libera neanche gli arti superiori, ma in seguito al raddrizzamento del tronco nella stessa vita arboricola, raddrizzamento che non si fonda sulla verticalità molto precaria degli arti inferiori, anzi si avvera meglio stando l'animale assiso. Diguisachè nella rassomiglianza dell'uomo con gli antropoidi bisogna far parte anche ad un certo numero di coincidenze, così chiamando alcuni risultati analoghi non dovuti alle stesse cause ma conseguiti per vie differenti.

Questo per giustificare la nostra conclusione — che da molto tempo abbiamo sostenuto — contraria alla filogenesi Haeckeliana, conclusione che del resto si giustifica anche per considerazioni d'indole generale: abbiamo accennato già alla legge di Cope, *the law of the unspecialized.*

Università di Napoli.

V. GIUFFRIDA-RUGGERI

CHE COS' È LA COSCIENZA?

Nessuna parola, forse, è stata maggiormente discussa e permane tuttora di significato tanto oscuro quanto questa della coscienza. Mentre tutti sono in grado di affermare senza nessuna esitazione se un dato stato psichico, una data azione, sia da dirsi « cosciente » o « incosciente », quando poi si viene al dunque di domandare che cosa è, in che consiste, questa caratteristica di « cosciente » che si attribuisce all'uno stato psichico e si nega all'altro, si resta per lo più incapaci di dare alcuna risposta appena appena soddisfacente [1].

Alcuni psicologhi arrivano a ritenere il problema come insolubile: « Quanto a definire lo stato di coscienza, il fatto di essere cosciente, scrive il Ribot, sarebbe un'impresa vana e oziosa: la coscienza è un dato dell'osservazione, un fatto ultimo. La fisiologia c'insegna che la sua produzione è sempre legata all'attività del sistema nervoso, particolarmente del cervello. Ma la reciproca non è vera; se ogni attività psichica implica un'attività nervosa, ogni attività nervosa non implica un'attività psichica. L'attività nervosa è molto più estesa dell'attività psichica: la coscienza è, dunque, qualche cosa di aggiunto in più. In altre parole, bisogna considerare che ogni stato di coscienza è un avvenimento complesso che suppone

[1] Cfr., p. es., BAIN, *The Emotions and the Will*, Fourth edition, London, Longmans Green, 1899, Chap. XI, Consciousness, pag. 539-546.

« Chiunque tenti in buona fede e con fermo proposito di farsi un'idea chiara di ciò che debbasi intendere per coscienza, troverà la cosa tutt'altro che così facile come si sarebbe disposti ad arguire dall'uso che così di frequente e con tanta disinvoltura facciamo di questa parola » (MAUDSLEY, *The Physiology of Mind*, London, Macmillan, 1876, pag. 45).

uno stato particolare del sistema nervoso; che questo processo nervoso non è un accessorio, ma una parte integrante dell'avvenimento; anzi, che ne è la base, la condizione fondamentale; che, una volta che si produce, l'avvenimento esiste in sè stesso; che, una volta che vi si aggiunge la coscienza, l'avvenimento esiste per sè stesso; che la coscienza lo completa, lo termina, ma non lo costituisce » [1].

Altri chiamano senz'altro la coscienza un epifenomeno, termine oggi molto di moda, e si ritengono così liberati da ogni obbligo d'investigare ulteriormente la questione, come se essa fosse con ciò completamente esaurita [2].

Noi vorremmo qui tentare, invece, se dall'esame di alcuni esempi di « coscienza » e di « incoscienza », opportunamente scelti, fosse possibile cavar fuori, se non tutte, alcune almeno delle caratteristiche che accompagnano per lo più i casi detti coscienti, mentre non si riscontrano in quelli che designamo come incoscienti. Questa ricerca, per quanto imperfetta, potrà così riuscire forse di qualche aiuto per la determinazione delle condizioni da cui dipende la coscienza.

Giova cominciare da un esempio, che a molti potrà sembrare non rientrare nei casi propriamente detti di coscienza, ma che, invece, è a questi strettamente connesso. Osservo il ritratto d'una persona nota. Riconosco che rappresenta questa persona ma che non è realmente questa persona. La sensazione complessa attuale, in grazia dell'associazione per rassomiglianza, risveglia contemporaneamente l'immagine della persona reale. Si ha, dunque, da una parte, la *coesistenza,* per lo meno durante un certo tempo, delle sensazioni attuali con quelle passate ora rievocate e d'intensità minore; dall'altra, per lo meno metaforicamente parlando, la *sovrapposizione o fusione,* a cagione d'identità, di alcune soltanto delle prime con alcune delle seconde. La coesistenza, per lo meno durante un certo tempo, unita alla sovrapposizione o fusione, solo parziale, dei due stati psichici o sistemi complessi di sensazioni, è appunto forse ciò che mi fa riconoscere il ritratto rappresentare quella data persona, e che impedisce tuttavia che io scambi il ritratto per la persona reale da esso rappresentata; più brevemente,

[1] RIBOT, *Les maladies de la personnalité,* Paris, Alcan, 1906, pag. 6.

[2] Cfr., p. es., BINET, *La psychologie du raisonnement,* Paris, Alcan, 1902, pag. 165.

è forse ciò che mi rende « conscio » essere l'oggetto attualmente percepito il semplice ritratto d'una persona a me nota.

Può però venire il dubbio che, come condizioni determinanti lo stato d'animo in cui mi trovo quando riconosco l'oggetto essere il ritratto d'una persona a me nota, siano in gioco, non solo le sensazioni di pura percezione, attuali e rievocate, bensì anche le affettive od emotive in genere: nel vedere il ritratto io proverei, magari inavvertiti, gli stessi sentimenti di affetto o di rancore, di simpatia o d'antipatia, e via dicendo, che sono uso provare vedendo l'originale; e forse sarebbero anche queste sensazioni che contribuirebbero a rendermi cosciente che il ritratto è di quella data persona. Anzi, vedremo fra poco, come certi altri esempi indurrebbero a farci ritenere che la sola fusione e sovrapposizione di parte delle sensazioni di percezione, non accompagnata da fusione e sovrapposizione di sensazioni di indole affettiva od emotiva in genere, sarebbe insufficiente a darci la coscienza d'un qualsiasi fatto.

Parimente, — per continuare a limitarci per ora al raffronto fra loro di due stati psichici soltanto, l'uno originale e l'altro rievocato, — consideriamo il caso in cui la rievocazione di qualche avvenimento passato si presenti al nostro spirito del tutto isolata, del tutto disgiunta da altri ricordi di fatti precedenti o susseguenti:

« Una signora nell'ultimo periodo di una malattia cronica fu condotta da Londra alla campagna. La sua piccola figlia, che non parlava ancora, le fu condotta davanti, e, dopo una breve intervista, fu ricondotta in città. La madre morì qualche giorno dopo. La figlia crebbe senza rammentarsi di sua madre fino alla età matura. Fu allora che ebbe occasione di vedere la camera dove era morta sua madre. Benchè lo ignorasse, entrando in questa camera trasalì. E alla domanda della causa della sua emozione, rispose: Ho l'impressione distinta di essere venuta altre volte in questa camera. Vi era in quel canto una signora in letto, nell'aspetto molto malata, che si chinò su di me e pianse » [1].

Parimente, un uomo dotato di forte temperamento artistico, appena giunto dinnanzi ad un castello del Sussex ha « un'impressione estremamente viva » di averlo già visto, e

[1] Ribot, *Les maladies de la mémoire*, Paris, Alcan, 1901, pag. 143-144.

rivede persino nell'immaginazione, in tutti i suoi particolari, il corteggio dei visitatori. Apprende da sua madre, che, infatti, egli era stato qui portato in gita all'età di 16 mesi, e che il ricordo da lui serbato del corteggio era esattissimo [1].

La coincidenza di alcune delle sensazioni attuali con alcune delle passate ora rievocate parrebbe, dunque, non soltanto costituire, in tali casi, la causa che per via di associazione delle idee rievoca l'avvenimento passato, bensì essere anche ciò che fa sì che l'individuo abbia l'impressione, la « coscienza », di avere egli in persona presenziato altre volte l'avvenimento stesso. Ma la cosa è tutt'altro che sicura. Anche qui può venire il dubbio, che sia stata l'emozione provata ora effettivamente di nuovo dalla signora nel rivedere la stanza e dall'artista nel rivedere il castello, — emozione uguale a quella già da essi provata nel passato e della quale conservano tuttora il ricordo, — a dare ad essi la coscienza di avere vissuto in passato l'avvenimento che ora torna loro alla mente.

D'altra parte, la differenza fra le restanti percezioni attuali e le altre rievocate è certo ciò che impedisce, anche in questi casi del Ribot, che l'individuo creda di presenziare ora effettivamente l'avvenimento rievocato. Ciò è tanto vero, che durante un sogno, nel quale pure si riviva un dato avvenimento passato, ma nel quale alle sensazioni rievocate non si accompagna nessun complesso di sensazioni attuali diverse, non si ha affatto « coscienza » di sognare; e si scambia, invece, il proprio sogno con un avvenimento reale al quale si prenda effettivamente parte. « Quando sognamo, scrive il Maury, le percezioni interne assorbono completamente il nostro spirito; assorbimento, che ci impedisce di avere il sentimento del nostro stato o non ce ne lascia che una coscienza vaga e fuggitiva » [2].

Abbiamo accennato per due volte al dubbio che la sola uguaglianza fra certe sensazioni attuali e certe altre rievocate non sia sufficiente, ove si tratti di pure percezioni, a rievocare e rendere cosciente il fatto passato. Un caso tipico di distrazione, cui vado soggetto spesso, parrebbe provarlo.

Nell'alzarmi dal mio studio, uso serbare i miei appunti

[1] RIBOT, *Les maladies de la mémoire*, Paris, Alcan, 1901, pag. 144.
[2] MAURY, *Le sommeil et les rêves*, Paris, Didier, 1878, pag. 46.

nel cassetto che chiudo a chiave; talvolta questo atto di chiudere a chiave il cassetto mi appare in seguito come « cosciente »; tal'altra, se mentre lo compio sono tutt'ora preoccupato da quanto è stato poco prima per me materia di riflessione, l'atto mi appare in seguito, invece, come « incosciente ». In questo secondo caso, mi viene spesso il timore, appena uscito dal mio studio, di non averlo compiuto, e non essendomi possibile di rammentarmi se l'ho effettivamente eseguito o no, sento il bisogno di tornare indietro e, il cassetto essendo privo di maniglia, di sincerarmene riaprendo quest'ultimo e chiudendolo di nuovo. Il desiderio che ho di raggiungere l'intento del cassetto chiuso a chiave, desiderio che si esplica nell'attenzione che pongo che il fine venga effettivamente raggiunto, accompagna questa volta il mio atto, il quale, uscito che sono di nuovo dal mio studio, mi appare ora come « cosciente ».

Notiamo, che, anche mentre richiudo la seconda volta il cassetto a chiave, l'atto consimile precedente perdura a parermi incosciente; eppure si riproduce certo ora lo stesso complesso di sensazioni visive, uditive, tattili, muscolari, ecc., che deve avere accompagnato l'atto uguale compiuto alcuni momenti prima. Anche una così grande porzione in comune di sensazioni puramente percettive, non è dunque sufficiente a rievocare un atto pure di pochissimo precedente e a rendermelo cosciente.

Ed, invece, come mai, se il desiderio di raggiungere l'intento del cassetto chiuso a chiave ha accompagnato la seconda volta l'atto corrispondente, quest'ultimo, uscito che sono di nuovo dal mio studio, mi appare ora come cosciente? Nessuna porzione in comune di sensazioni percettive esiste più che possa riallacciare il mio stato psichico di quando mi trovo fuori del mio studio a quello di quando chiudevo il cassetto. Eppure, se ora mi domando di nuovo con interesse se ho chiuso il cassetto, subito il mio atto mi ritorna alla mente e ne ho la più completa coscienza.

Parrebbe, dunque, che fosse questo complesso di sensazioni affettive, relative al fine desiderato, od un complesso equivalente di sensazioni emotive in genere, che costituirebbe precisamente quella porzione di sensazioni in comune, fra uno stato attuale ed uno passato che si tratta di rievocare, necessaria e sufficiente a rievocare questo stato passato e a farlo apparire come cosciente.

Dico: necessaria e sufficiente a rievocare lo stato passato *e a renderlo cosciente,* perchè alcuni esempi parrebbero stare a dimostrare fuori d'ogni dubbio, che si possa avere benissimo il ricordo d'un fatto passato, pur perdurando quest'ultimo a rimanerci del tutto incosciente.

Così il Maury, nel suo classico libro sui sogni sopra citato, racconta di essersi sognato una notte d'un individuo che gli era del tutto sconosciuto anche di vista. La mattina, dopo che si fu svegliato, la fisonomia di questo sconosciuto apparsogli in sogno gli si presentava ancora alla memoria con grande nitidezza. Quale non fu la sua meraviglia nell'incontrare qualche giorno dopo per la strada, in carne e in ossa, lo sconosciuto del sogno! Dopo molto riflettere, e solo dopo che furono trascorsi alcuni altri giorni, pervenne alla spiegazione della strana coincidenza. La strada, infatti, dove aveva incontrato l'individuo, era stata da lui percorsa diverse volte parecchi mesi addietro, poi per più di un anno e fino al giorno antecedente al sogno non aveva più avuto occasione di ripassarvi; avendo ora ripreso per ragioni d'ufficio a passarvi di frequente, si accorse che gli capitava spesso d'incontrare quell'individuo, che, si vede, doveva abitare nella contrada. Per cui il Maury ritiene come molto probabile che, quando un anno prima egli passava spesso per quella strada, anche allora, senza che egli vi facesse mai attenzione, deve essergli capitato spesso dinanzi lo sconosciuto; e l'essere ripassato per la stessa strada il giorno antecedente al sogno, anche se l'incontro questa volta non sarà avvenuto, deve avergli rievocato durante il sogno, per associazione di idee, il ricordo dell'individuo.

Dunque, quando al Maury sveglio tornava alla mente l'immagine del sogno, questa immagine costituiva una vera e propria rievocazione mnemonica d'un avvenimento per lui rimasto finora incosciente, e che rimaneva anche ora tale ciò nonostante. L'immagine rievocata era riuscita ora ad attirare la sua attenzione, il suo interesse, destando in lui delle sensazioni affettive di piacere o di ripugnanza, di simpatia o di antipatia, o altre analoghe, ma nessuna di queste sensazioni affettive poteva ora servire di addentellato per rendergli « cosciente » quel dato momento, in cui egli aveva visto effettivamente la persona.

Se, invece, anche in quel dato momento, le sue preoccu-

pazioni rivolte altrove non gli avessero impedito di provare verso la persona che gli passava dinanzi quelle stesse sensazioni affettive, che provava ora verso l'immagine, questo addentellato, questa porzione comune di sensazioni, ora non gli sarebbe mancato, e l'avvenimento gli sarebbe stato senz'altro « cosciente ».

Dunque, riassumendo tutto il sin qui detto, parrebbe potersi ammettere, che non si può parlare della « coscienza » d'uno stato psichico per sè stesso, bensì, soltanto, della « coscienza » che uno stato psichico attuale ha d'uno stato psichico passato; e che tale caratteristica di « cosciente » *di uno stato psichico passato,* ora rievocato, *rispetto ad un altro attuale,* si riscontri ogni volta che si abbia la *coesistenza,* almeno durante un certo tempo, del primo col secondo, e la *sovrapposizione* o *fusione,* solo parziale, dell'uno coll'altro; sovrapposizione o fusione parziale, che però è necessario si verifichi principalmente per la parte affettiva dei due stati psichici.

Possiamo grossolanamente rappresentarci questa sovrapposizione o fusione parziale di due stati psichici, come il venire a combaciare o coincidere, solo per un certo tratto a comune, delle rispettive zone cerebrali alla cui attivazione sono dovuti questi stati psichici, cioè quello rievocato e quello attuale. Ove va notato, che la zona cerebrale alla cui attivazione è dovuto lo stato psichico ora rievocato sarà quella stessa attivatasi in passato quando questo stato psichico si produsse per la prima volta.

Talvolta, in ispecie nei fenomeni d'introspezione, se lo stato psichico passato, cosciente rispetto a uno stato psichico nuovo, è appena trascorso o perdura ancora durante la formazione di quest'ultimo, tanto da dare l'illusione che i due stati psichici siano contemporanei e si confondano in uno stato psichico solo, ci riesce più difficile accorgersi che anche in tal caso si tratta di coscienza d'uno stato rispetto all'altro, e si parla allora, sebbene ora pure erroneamente, di stato psichico « cosciente per sè stesso ».

Dal carattere cosciente d'uno stato psichico rispetto all'altro, si passa facilmente al carattere cosciente, gli uni rispetto agli altri, di tutta una serie di atti o di stati psichici successivi. Si ha una tal serie, quando, rispetto allo stato psichico attuale appare come cosciente uno stato psichico

antecedente ora rievocato, rispetto a quest'ultimo così rievocato appare alla sua volta come cosciente un altro stato psichico, antecedente o susseguente, pure rievocato, e così via.

Basta riandare col pensiero su quanto si è fatto da stamani in poi, per convincersi che alla serie dei nostri atti coscienti procede sempre parallela una serie di corrispondenti affettività complesse, tali che ciascuna, cominciando ad attivarsi prima del cessare dell'atto precedente, perdura poi durante le prime fasi o l'intero svolgimento dell'atto susseguente, e talvolta magari durante tutta una serie di atti successivi. Così, il senso di piacere che provo nell'avvicinarmi al termine di una operazione faticosa, perchè pregusto il prossimo riposo, serve a riallacciare questo mio stato al successivo, in cui mi sono effettivamente riposato. Il desiderio di non mancare a un appuntamento perdura durante tutta la serie di atti che hanno per scopo di far presto o di non perdere tempo. Il sentimento complesso di piacere e di timore, che prova il bambino nel mentre assapora con voluttà il dolce preso di nascosto, è comune tanto al momento in cui egli mangia il dolce quanto a quello successivo in cui egli si dà da fare per far scomparire le traccie del suo piccolo furto: esso costituisce il ponte affettivo che unisce i due episodi così vissuti.

Rappresentiamo coll'asse delle ascisse il tempo, e, come semplice espediente per precisare il nostro dire, supponiamo per un momento che i punti e i segmenti dell'asse delle ordinate siano suscettibili di rappresentare, rispetto all'ubicazione e rispetto all'ampiezza, le diverse porzioni della superficie cerebrale totale, all'attivazione delle quali sono dovuti i vari stati psichici complessi: come se i vari centri, sensitivi ed affettivi, potessero venire disposti, senza alterazione della loro reciproca contiguità o vicinanza, lungo quest'asse delle coordinate. Allora, come figura schematica rappresentatrice d'una serie di stati psichici originari, a, b, c,..., suscettibili di apparire in seguito, fino a che il tempo non ne cancellerà l'impressione mnemonica lasciata, come coscienti gli uni rispetto agli altri, si avrà una serie di rettangoli di ampiezza e forma diverse e di diversa ubicazione, concatenati l'uno all'altro, in modo che ciascun susseguente venga ad essere, specialmente rispetto alle loro porzioni affettive, sovrapposto in parte sul suo antecedente, per una lunghezza non inferiore

a un dato limite tanto nel senso delle ascisse che in quello delle ordinate.

Se al disopra o al disotto di questa serie così concatenata di rettangoli se ne disegnassero altri, concatenati nello stesso modo fra loro, ma non aventi nessuno alcuna loro porzione, in ispecie affettiva, in comune con qualcuno di quelli della prima serie, questa seconda serie starebbe a rappresentare una serie di stati psichici, x, y, z,..., coscienti essi pure l'uno rispetto all'altro, ma incoscienti rispetto alla serie principale a, b, c,..., costituente la « coscienza » propriamente detta dell'individuo; essi starebbero perciò a rappresentare, rispetto a quest'individuo, una breve serie di stati incoscienti, costituenti un principio di sdoppiamento della sua personalità. Invece, due serie di rettangoli, una prodottasi in un dato periodo di tempo e l'altra in un altro anche distante dal primo, potranno, purchè qualcuno della prima serie abbia una qualunque porzione affettiva in comune con qualche altro della seconda, venire considerati come una serie sola.

Brevi serie di stati incoscienti, costituenti un principio di sdoppiamento della propria personalità, sono, come è noto a tutti, oltremodo comuni anche negli individui normali.

Durante il mio soggiorno estivo a Riva Valdobbia, ai piedi del Monte Rosa, ero uso fare tutti i giorni il sentiero mulattiero di Ca' di Janzo. La discesa, in ispecie a quei tempi, era piuttosto scoscesa e accidentata, bisognava talvolta saltare da un grosso sasso all'altro, alcuni dei quali erano anche malfermi, cosicchè bisognava guardar bene dove si metteva il piede. Le prime volte tale discesa mi divertiva per le sue stesse piccole difficoltà e riusciva a tener sempre desto l'interesse che ponevo nel superarle; riconoscevo uno ad uno i sassi principali già incontrati nelle altre mattine, e se mi rammentavo che il giorno precedente questo o quel sasso aveva traballato sotto il mio piede e minacciato di ruzzolare giù prendevo le mie precauzioni perchè la cosa non succedesse di nuovo. A passeggiata terminata, tutti i fatterelli della discesa, tutti i miei passi e salti più difficili mi ritornavano alla mente, mi apparivano come « coscienti ».

Tale passeggiata mi serviva nei primi giorni di gran riposo dalle mie solite meditazioni, perchè non m'interessavo ad altro. A poco a poco, però, questo interesse e la preoccupazione delle piccole difficoltà da superare diminuirono tal-

« mente, che finii per fare la discesa del tutto macchinalmente, pensando nel frattempo ad altre cose, come se avessi camminato sulla strada maestra: tutti i miei passi anche i più difficili, ciascun mio salto da sasso a sasso, anche quelli da eseguirsi in modo che i sassi non si movessero, e ad onta che alcuni di questi sassi si erano certo spostati dopo il mio ultimo passaggio, erano divenuti per me altrettanti atti incoscienti. Infatti, mi trovavo di ritorno all'albergo senza che il più piccolo ricordo di nessun punto un po' accidentato del sentiero mi desse « coscienza » della discesa effettuata.

Eppure anche durante tale discesa « incosciente » dovevo aver fatto certo molta attenzione ai sassi, al modo di mettere prudentemente il piede su di essi perchè non ruzzolassero giù, tanto più che molti di essi pel continuo passaggio di gente sul sentiero cambiavano ogni giorno di posto e di posizione. I miei passi anche allora non potevano, dunque, essere semplici atti riflessi, bensì dovevano certo essere guidati da altrettanti atti di riflessione concatenati fra loro.

In questo esempio, ciò che al ritorno della mia passeggiata mi appariva come cosciente era la serie delle mie meditazioni, e ciò che mi appariva come incosciente era la serie delle sensazioni e reazioni provocate in me dal mondo esterno. Talvolta, invece, succede proprio l'opposto: ci rimane cosciente, cioè, la serie delle sensazioni esterne e incosciente la meditazione interna; tutto dipendendo dalle circostanze fortuite, le quali fanno sì che sia l'una o l'altra serie a riattaccarsi a quella che seguiterà da allora in poi a costituire la serie principale, la « coscienza » propriamente detta dell'individuo.

Così, se dopo esserci affaticati invano intorno alla soluzione d'un problema, usciamo fuori per riposarci, tutte le sensazioni piacevoli che ci dà la passeggiata, ed esse sole, ci appaiono al nostro ritorno come coscienti; senonchè, ad un tratto, ecco che ci si presenta alla mente la soluzione già pronta del problema, prima invano cercata: la meditazione interna, senza la quale impossibile sarebbe stato di giungere al risultato che ne costituisce il termine, è dunque certo avvenuta, ma essa ci rimane incosciente. Sono troppo note, perchè sia qui necessario di rammentarle, le soluzioni di problemi scientifici celebri avvenute così per via incosciente.

Talvolta, infine, ci rimangono incoscienti tanto la serie delle meditazioni interne che quella delle sensazioni del mondo

esterno: « Un giorno, così racconta il Maury, trovandomi vicino al sig. F., di carattere molto distratto e molto portato alla meditazione, rimarcai che diveniva completamente indifferente alle mie parole e cessava di rispondermi. Sembrava immerso in una riflessione profonda. La sua immobilità era tale che temei fosse per perdere la conoscenza. Lo scossi violentemente per il braccio. — Che volete? mi disse. — Vi sentite male? gli chiesi alla mia volta. — No. — E che facevate allora? — Pensavo. — A che cosa? — In fede mia, è strano, non ne so digià più niente, eppure mi sento come stanco di pensare » [1].

In tal caso, dunque, gli erano rimaste incoscienti, tanto la serie delle sensazioni in lui provocate dalle parole che per un certo tempo il Maury aveva seguitato a dirgli quanto la serie delle sue meditazioni.

Da questi casi normali di sdoppiamento passeggero della propria personalità, abbraccianti tutti i casi cosiddetti di distrazione, si passa per gradi a quelli patologici d'uno sdoppiamento vero e proprio.

Così, assai caratteristico è il caso riportato dal Taine: « Ho conosciuto una persona che, parlando, cantando, scrive, senza guardare il foglio, delle frasi seguite e persino delle pagine intere, senza aver coscienza di ciò che scrive. A parer mio, la sua sincerità è perfetta; essa dichiara che al termine della pagina essa non ha alcuna idea di quanto ha tracciato sul foglio; nel leggere il suo scritto, essa ne rimane meravigliata, talvolta allarmata. La scrittura è diversa dalla sua scrittura ordinaria. Il movimento delle dita e del lapis è rigido e sembra automatico. Lo scritto finisce sempre con una firma, quella di qualche persona morta, e porta l'impronta di pensieri intimi, di uno sfondo mentale, che l'autore non avrebbe voluto divulgare » [2].

Del tutto analogo a questo è il caso riportato dal Janet. Questi suggerisce a un' isterica, chiamata Lucia, in istato di sonnambulismo, che a un dato segnale, una volta sveglia, essa scriverà una lettera qualunque. « Ecco ciò che essa scrisse senza saperlo: " Signora, io non posso venire Domenica, come

[1] MAURY, *Op. cit.*, 228.

[2] TAINE, *De l'intelligence*, 8° édit., Paris, Hachette, 1897, Tome I, pag. 16-17.

eravamo intesi; vi prego di scusarmene. Sarà per me un piacere di venire da voi, ma non posso accettare per un tal giorno. La vostra amica, Lucia. — P. S. Tante cose, vi prego, ai bambini „. Questa lettera automatica, osserva il Janet, è corretta e indica una certa riflessione. Lucia parlava di tutt' altre cose e rispondeva a diverse persone mentre scriveva. Del resto, essa non comprese niente alla vista di questa lettera quando gliela mostrai e sostenne che io avevo copiato la sua firma » [1].

In un' altra esperienza, Janet suggerisce al medesimo soggetto durante il sonno ipnotico: Voi moltiplicherete per iscritto 739 per 42. Al suo risveglio, e al segnale dato, « la mano destra scrive regolarmente le cifre, fa l' operazione e non si ferma che quando tutto è finito. Durante questo tempo, Lucia, bene sveglia, mi raccontava l' impiego della sua giornata e non cessò neppure un momento di parlare mentre la sua mano destra calcolava correttamente » [2].

Gli sdoppiamenti della personalità veri e propri dimostrano poi nel modo più evidente quanto sopra dicevamo, cioè che gli stati psichici x, y, z,..., incoscienti rispetto alla serie principale a, b, c,..., possono essere invece, se soddisfacenti alle solite condizioni sovraesposte, coscienti fra loro. Infatti, la doppia personalità consiste precisamente in questo, che tutta una lunga serie di stati, incosciente per l'una delle due personalità, costituisce invece una serie cosciente per l' altra.

Così, p. es., pel sonnambulo, quanto ha fatto durante l' accesso gli appare come incosciente allo stato di veglia, ma torna spesso ad essergli cosciente in un accesso successivo. La malata del Dr. Mesnet proseguiva in un accesso i progetti di suicidio concepiti durante l' accesso precedente e completamente dimenticati nell' intervallo lucido; essa si rammentava allora tutte le circostanze dell' altro accesso. Macario racconta d' una giovane sonnambula, alla quale un uomo aveva fatto violenza mentre essa si trovava sotto un accesso, e che, una volta svegliata, non aveva più alcun ricordo, alcuna idea di questo tentativo; fu soltanto in un nuovo accesso che essa rivelò alla sua mamma l' oltraggio commesso su di lei [3].

[1] JANET, *L'automatisme psychologique*, Paris, Alcan, 1907, p. 263-264.
[2] JANET, *ibid.*, 263.
[3] MAURY, *Op. cit.*, 234.

Talvolta l'uno stato ha coscienza dell'altro, ma quest'ultimo non ha coscienza del primo. Così p. es. la giovane donna ad esistenza doppia del Dr. Azam « presentava uno stato normale, sebbene esso pure patologico perchè la donna era isterica, e uno stato in cui essa si mostrava del tutto diversa per il carattere e per le idee. In questo secondo stato essa si rammentava di ciò che aveva fatto nel primo, mentre che quando essa ritornava in questo perdeva completamente la memoria di quanto aveva detto e fatto durante l'altro periodo mentale. Vi erano in lei come due persone distinte, e questa alternanza di personalità presentava un'analogia significante col sonnambulismo naturale, senza che però questa giovane donna fosse sonnambula propriamente » [1].

Nessuno più di questi esempi, che potremmo moltiplicare a piacere, è atto a mettere in evidenza come ciascuno stato psichico di per sè stesso non sia nè cosciente nè incosciente, ma divenga l'uno o l'altro soltanto *rispetto a qualche altro stato psichico di riferimento*. La coscienza, in altre parole, non è alcun carattere a sè che possa essere rivestito da uno stato psichico per conto proprio ed esclusivo, bensì è la caratteristica *d'un rapporto* fra due o più stati psichici. Uno stato psichico, anche se considerato isolato, potrà venir sempre riconosciuto, ad es., come avente un dato carattere emotivo piuttosto che un altro, come imaginativo anzichè volitivo, e così via; non potremo mai dire, invece, finchè isolato, se esso sia cosciente o incosciente. Soltanto se riferito a un altro stato psichico potremo dire che, rispetto a quest'ultimo, esso è cosciente o incosciente. E se cosciente rispetto a uno stato psichico *A*, potrà essere incosciente rispetto a un altro stato psichico *B*.

La coscienza non è dunque nessuna proprietà intrinseca o assoluta degli stati psichici; bensì una proprietà ad essi estrinseca e relativa, che si accompagna a certe modalità di riferimento che questi stati psichici vengono ad avere fra loro.

Milano.

EUGENIO RIGNANO

[1] MAURY, *Op. cit.*, 237-238.

L'ÉCOLE ÉCONOMIQUE AUTRICHIENNE

II. Ses théories. - Conclusion.

I.

J'ai exposé les idées de l'école autrichienne sur l'objet et sur le méthode de l'économique. Il faut, maintenant, parler des théories que les économistes de cette école ont produites, de la contribution qu'ils ont apportée à la science économique. Mais il ne saurait être question ici de donner un exposé complet des théories autrichiennes, mon dessein étant avant tout, comme je l'ai dit déjà, de caractériser l'école autrichienne, de montrer comment elle a compris la recherche économique. Je ne m'occuperai donc que de deux théories, parmi celles que les économistes autrichiens ont élaborées: celle de la valeur et celle de l'intérêt. Ce sont ces théories qu'il convient de choisir ici, le problème de la valeur et celui de l'intérêt étant ceux auxquels nos économistes ont donné le plus d'attention, et pour la solution desquels ils ont le plus fait.

1. Théorie de la valeur. — Sur la question de la valeur il y a, peut-on dire, une théorie qui est la théorie commune de l'école autrichienne tout entière. Les divergences qui existent entre les membres de cette école ne portent que sur des points secondaires. Je me servirai donc, pour mon exposé, des travaux des uns et des autres — notamment de ceux de Menger, de Wieser et de Böhm-Bawerk, qui sont les plus complets et les plus précis —; et je ne donnerai pas de référence particulière à tel ou tel auteur.

Qu'est-ce que la valeur? C'est quelque chose qui a du rapport avec l'utilité: là-dessus, aucun doute n'est possible. Un bien n'a de valeur pour nous que s'il nous est utile. Mais

cependant la valeur n'est point identique à l'utilité: et la preuve, c'est qu'il est des biens extrêmement utiles — l'air, l'eau pour beaucoup d'hommes — qui n'ont aucune valeur.

Pour comprendre la nature du lien qui unit les deux notions de la valeur et de l'utilité, il faut considérer que l'utilité des biens décroît pour nous à mesure que s'accroît la quantité que nous en possédons: cela tient à la nature même de nos besoins, qui diminuent d'intensité à mesure qu'on les satisfait. Prenons l'eau, par exemple: si nous en avons une certaine quantité à notre disposition, nous nous en servirons d'abord pour étancher notre soif; mais la quantité d'eau qu'il nous est nécessaire, ou même qu'il nous est agréable de boire est limitée. Le surplus donc, s'il y en a un, sera employé pour la cuisine, pour la toilette, etc. Et plus nous aurons d'eau, moins les emplois qu'il nous faudra donner à cette eau, pour l'utiliser, représenteront d'utilité. Un moment pourra venir même où il y aura excès, où l'accroissement de la quantité d'eau, au lieu d'augmenter notre bien-être, nous causera de l'ennui.

Si nous appelons *utilité-limite* ou *utilité marginale* d'un bien l'utilité de la dernière portion de ce bien — entendons de la moins utile —, nous pourrons dire que la valeur des biens, pour ceux qui les possèdent, est réglée par leur utilité-limite, ou par leur utilité marginale. Il faut supposer ici, naturellement, que ces biens sont employés au mieux; s'ils peuvent servir à satisfaire plusieurs besoins, il faut supposer qu'on les emploie tout d'abord à satisfaire les plus importants de ces besoins, ou pour parler plus exactement, qu'on les répartit entre les divers besoins qu'ils sont propres à satisfaire de la manière qui portera notre bien-être à son maximum.

Soit un colon qui dans une région écartée, dépourvue de tout moyen de communication, a récolté une certaine quantité de blé. De cette récolte, un cinquième lui est nécessaire pour pourvoir à sa subsistance jusqu'à la récolte suivante; un autre cinquième lui permettra de s'alimenter plus copieusement, pour le profit de sa santé; la troisième part servira à engraisser de la volaille; la quatrième, à fabriquer de l'eau-de-vie; quant à la dernière part, il n'aura pas mieux à en faire que d'en nourrir des perroquets qui le divertiront. Eh bien, c'est l'utilité de cette dernière portion de la récolte qui

déterminera la valeur de la récolte tout entière; cette valeur sera égale à cinq fois l'utilité en question.

On notera que parmi les emplois que l'on peut faire des biens il faut considérer, non seulement ceux qui consistent à utiliser ces biens directement, mais encore ceux qui consistent à les utiliser indirectement, et en particulier cet emploi qui consiste à les échanger. Si un fabricant devait employer à son usage personnel les objets qu'il fabrique, ceux-ci, à l'ordinaire, n'auraient pour lui aucune valeur. Ils en ont une cependant, et c'est parce que notre fabricant est assuré de vendre ses produits un certain prix tout au moins.

On s'explique maintenant le paradoxe que j'indiquais tantôt. Certains biens n'ont aucune valeur, quoiqu'ils servent à satisfaire des besoins vitaux: c'est que nous en sommes très abondamment pourvus, si abondamment, que nous ne souffririons aucunement d'en céder une petite quantité. Et l'on peut comprendre aussi ce fait d'observation, connexe au précédent, que la valeur *totale* d'un bien diminue — cela arrive à partir d'un certain point — quand la quantité en augmente.

Comment un individu qui, par son travail ou avec son argent, peut se procurer des biens divers réglera-t-il ses acquisitions? Qu'est-ce du moins que son intérêt lui prescrit? Cet intérêt lui prescrit — c'est là une chose bien évidente, et même une tautologie — de se procurer ces biens qui lui seront le plus utiles, et de se les procurer en telle quantité que son bien-être soit porté au plus haut point. Il suit de là que les utilités marginales des biens qu'il se procurera, pour des dépenses, des sacrifices égaux, devront être égales autant que possible. Il faudra, si possible, que l'utilité marginale des aliments que je me procure avec une heure de travail ou avec un franc soit égale à l'utilité marginale de ce que je me procure, avec une heure de travail ou avec un franc, en fait de vêtements, de moyens de chauffage, etc.

De ce qui précède, il résulte que l'utilité marginale des biens est plus basse pour ceux qui ont beaucoup de biens, pour ceux qui sont riches que pour ceux qui sont pauvres. Une livre de pain, un litre de vin ajoutent moins au bien-être du riche qu'à celui du pauvre. En ce sens, la valeur du pain ou du vin est moindre pour le riche. Mais en même temps, s'il s'agit d'obtenir des biens par l'échange — moyen-

nant d'autres biens, ou de l'argent —, le riche sera en mesure de donner beaucoup plus que le pauvre pour se procurer la même utilité, voire pour se procurer une utilité moindre: le riche pourra payer plus cher que le pauvre — et il sera disposé à le faire, il le fera effectivement — un objet qui serait nécessaire à l'autre, et dont la possession pour lui ne représentera que la satisfaction d'un caprice. Il faut distinguer entre la *valeur* et l'*estimation de la valeur* [1]: l'estimation de la valeur se fait en rapportant la valeur des biens à tel ou tel bien — l'argent par exemple — considéré dans sa quantité.

J'ai parlé, jusqu'à présent, des biens en général. Il y a deux catégories de biens dont il importe de s'occuper d'une manière spéciale: les biens *complémentaires* et les bien *productifs*.

Les Autrichiens disent que des biens sont complémentaires quand il faut les réunir ensemble pour qu'ils nous soient utiles, ou pour qu'ils aient toute leur utilité: qu'on pense au papier, à la plume et à l'encre, au cheval et à la voiture, au gant droit et au gant gauche, etc. Comment se mesure la valeur de ces biens? Pour ce qui est des groupes qu'ils forment, la question ne présente aucune difficulté: chaque groupe de biens complémentaires a sa valeur mesurée par son utilité. Mais que dire des membres qui composent les groupes en question? Ici, il est nécessaire d'introduire des distinctions.

Supposons premièrement que les éléments qui composent nos groupes ne puissent pas, en cas de perte, être remplacés. Si ces éléments n'ont point d'autre utilité que celle qu'ils présentent en tant que biens complémentaires, la valeur de chacun d'eux sera égale à la valeur du groupe: ou encore — si on le prend d'une autre façon — cette valeur sera nulle. Un soulier vaut autant que la paire dont il fait partie; et à un autre point de vue — où il est préférable peut-être de se placer —, il ne vaut rien absolument, s'il est seul.

Si les biens complémentaires, maintenant, ont une utilité même isolés, leur valeur ne pourra pas être regardée comme nulle; elle ne descendra pas au-dessous de cette utilité qu'ils offrent quand on les prend séparément.

Reste le cas des biens complémentaires qui peuvent être remplacés. De ceux-là, ce qu'il est nécessaire de dire, c'est

[1] En allemand, *Werth* et *Werthschätzung*.

que leur valeur ne sera jamais supérieure à celle des biens qui peuvent leur être substitués. On remarquera, au reste, que la substitution à un bien complémentaire d'un autre bien tantôt sera parfaite — le substitut tenant exactement la place du premier bien —, et tantôt au contraire ne mettra point tout-à-fait les choses dans l'état primitif.

Est-il besoin de montrer l'intérêt de toutes ces considérations sur les biens complémentaires? Il suffira de faire observer que le nombre des biens complémentaires est très grand. En particulier, les biens productifs sont presque toujours des biens complémentaires: presque toujours, la production exige le concours, l'emploi simultané d'une multiplicité de biens; l'industriel, par exemple, qui a une usine emploie de la main-d'oeuvre, des matières premières, des machines, il occupe un emplacement, etc. Et l'on ne pourra point comprendre la manière dont la valeur, dont les prix de ces divers moyens de production se déterminent si l'on n'a pas étudié au préalable la question dont nous venons de nous occuper.

Quant aux biens productifs en tant que tels — abstraction faite du caractère qu'ils présentent généralement de biens complémentaires —, leur valeur dépend de l'utilité des biens « directs » ou biens « du premier ordre » qu'ils servent à produire. La valeur d'un bien productif est mesurée par l'utilité du moins utile des produits qu'il donne ou qu'il sert à créer. Si, possédant trois unités d'un bien A, on s'en sert pour obtenir trois biens B, C et D dont les utilités respectives sont 100, 120 et 200, la valeur de l'unité de A sera égale à 100. Et il faut ajouter que la valeur de C et de D sera aussi égale à 100. Obtenus, en effet, de la même façon que B, C et D ne sauraient avoir une valeur différente de la sienne. Ainsi l'utilité du moins utile des biens directs qui dérivent d'un bien productif détermine la valeur de ce bien productif; ce bien productif, à son tour, communique cette même valeur aux autres biens directs. Et c'est cette dernière remarque qui donne son sens à la formule si souvent employée par les économistes, que la valeur des biens est déterminée par leur coût de production — ou de reproduction —: c'est elle qui donne la justification de cette formule, pour les cas où elle se vérifie, et qui permet aussi de déterminer dans quels cas elle se vérifie.

Voilà l'essentiel de la théorie autrichienne de la *valeur*

d'usage. Il reste à parler de la *valeur d'échange,* du *prix.* Cette deuxième sorte de valeur procède de la première. Comment? Pour l'expliquer, je m'attacherai exclusivement à l'une des hypothèses que l'on doit envisager ici: celle d'une multiplicité de vendeurs se trouvant, sur un marché, en présence d'une multiplicité d'acheteurs.

Soit par exemple un certain nombre de vendeurs qui amènent au marché chacun un cheval. Rangeons ces vendeurs d'après l'estimation croissante qu'ils font de la valeur de leurs chevaux. Le premier estime son cheval 100 florins, les autres 110, 150, 170, 200, 215 florins, etc. Rangeons les acheteurs, d'autre part, d'après l'estimation décroissante qu'ils font de la valeur des chevaux. Le premier est disposé à payer pour un cheval, s'il le faut, 300 florins; les autres sont disposés à payer, respectivement, 280, 260, 240, 220, 210, 200 florins, etc. Dans ces conditions, il sera vendu 5 chevaux; et le prix du marché s'établira entre 210 et 215 florins, c'est-à-dire entre le prix au-dessous duquel ne pouvait pas monter le premier des acheteurs exclus, et celui au-dessous duquel ne pouvait pas descendre le premier des vendeurs exclus. Le prix ne pourra pas être inférieur à 210 florins: car alors il y aurait plus de 5 acheteurs qui pourraient acheter, tandis qu'il n'y aurait que 5 vendeurs — au maximum — pour vendre. Il ne peut pas être supérieur à 215 florins, car il y aurait plus de 5 vendeurs qui seraient en mesure de vendre, tandis qu'il n'y aurait que 5 acheteurs — au maximum — pour acheter. Ce n'est pas la peine de représenter la suite des tâtonnements, des marchandages par lesquels on arrivera au prix que j'ai dit: cette suite, au reste, peut se développer en toutes sortes de façons. Ce qu'il faut comprendre, c'est qu'il n'y aura qu'un prix sur le marché: notre premier acheteur en effet — le premier d'après la série de tantôt — ne voudra pas payer plus cher que le dernier acheteur admis, et rien ne l'obligera à payer plus cher; le premier vendeur d'autre part ne voudra pas vendre moins cher que le dernier vendeur admis. Or, n'y ayant nécessairement qu'un prix, ce prix devra être tel que le nombre des ventes qu'il rend possibles soit égal au nombre des achats: il sera donc celui que j'indiquais.

D'une manière générale — on me dispensera de fournir les autres exemples qu'il faudrait introduire pour justifier

cette formule —, le prix sera déterminé par l'estimation que font de la valeur des biens les deux *couples-limites,* celui d'une part du dernier acheteur admis et du premier vendeur exclu, celui d'autre part du premier acheteur exclu et du dernier vendeur admis.

Que devient, dès lors, cette loi si souvent énoncée par les économistes, d'après laquelle le prix des biens multipliables serait réglé par leur coût? Elle apparaît comme une loi dérivée, qui a son fondement dans la théorie exposée ci-dessus. Chacun cherchant à tirer le meilleur parti des moyens de production qu'il possède, la production s'organisera en telle façon que chaque sorte de moyens productifs donne autant que possible, dans tous les emplois divers qu'elle recevra, le même produit. Supposons que chaque quintal de fer demande, pour être obtenu, 3 journées de travail, et que la journée de travail soit payée 1 florin. Par suite des progrès de la technique métallurgique, on arrive à obtenir le quintal de fer avec seulement 2 journées de travail. Le fer, tout d'abord, continue à se vendre 3 florins le quintal. Mais alors, dans cette branche de la consommation qui absorbe le fer, les besoins se trouvent n'être satisfaits qu'autant qu'ils sont en mesure de payer 1,50 florin pour chaque journée de travail, tandis que dans toutes les autres branches ces besoins sont satisfaits qui paient la journée de travail 1 florin. Cela ne saurait durer: on développera la production du fer, on offrira du fer en plus grande quantité, et cela, jusqu'à ce qu'on atteigne ces besoins qui pour se satisfaire peuvent donner 1 florin seulement par journée de travail, en d'autres termes, jusqu'à ce que le prix du fer soit descendu à 2 florins le quintal.

On le voit, le prix des biens multipliables tend — perpétuellement — vers leur coût. Mais il ne fait que tendre vers lui. Et il est indispensable d'entrer dans l'analyse de tantôt si l'on veut comprendre pourquoi il en est ainsi, mieux que cela, si l'on veut pouvoir donner un sens à la notion même du coût de production.

2. **Théorie de l'intérêt.** — La théorie générale de la valeur fournit la clef de tout le problème de la distribution des richesses: car ce sont des échanges toujours — prenons ici le mot dans son sens le plus large — qui donnent naissance aux différents revenus. L'application, toutefois, de la théorie de la valeur aux questions diverses de la distribution n'est

pas sans présenter beaucoup de difficultés. La question de l'intérêt du capital est particulièrement épineuse; et c'est pourquoi ceux des économistes autrichiens qui s'en sont occupés sont arrivés à des conception sensiblement divergentes. Je ne m'attacherai qu'à celles de Böhm-Bawerk, qui méritent le plus d'être connues.

D'après Böhm-Bawerk, l'intérêt du capital a son explication dans la préférence que les hommes accordent aux biens présents sur les biens futurs. Cette préférence, à son tour, vient de trois causes.

1° Il faut considérer, tout d'abord, les variations qui ont lieu pour chaque individu, d'une période à l'autre, dans le rapport des ressources et des besoins. Il est des gens pour qui ce rapport est destiné à devenir moins bon: ceux-là par exemple qui ont en perspective un accroissement de leurs charges de famille, ou qui savent que tel de leurs revenus s'éteindra. Mais ces gens ne seront pas conduits par là à préférer les biens futurs aux biens présents: ils n'ont qu'à conserver les biens qu'ils possèdent dans le présent, à mettre de l'argent de côté. D'autres gens se trouvent aux prises avec des difficultés momentanées; ou bien ils s'attendent à un accroissement de leurs revenus: ces gens-là préféreront les biens présents aux biens futurs, ils seront disposés à promettre, si on leur donne 1.000 francs ajourd'hui, de rendre 1.050 francs, ou davantage, dans un an.

2° La plupart des hommes font subir systématiquement une dépréciation aux biens futurs, quand il s'agit de les estimer. Notre imagination en effet nous représente avec moins de vivacité l'utilité des biens dont nous ne jouirons que plus tard; notre volonté est sujette à des défaillances quand il faut pourvoir à des besoins futurs; et enfin nous savons que nous sommes mortels, sans d'ailleurs connaître la date où nous mourrons. Ces divers facteurs, au reste, agissent plus ou moins chez les différents individus, en sorte que la dépréciation systématique des biens futurs apparaît comme quelque chose de très variable.

3° Les biens présents nous sont plus utiles que les futurs, quand nous devons les employer productivement. C'est une loi en effet que l'on peut, en investissant les moyens productifs — les capitaux, comme l'on dit — dans des processus productifs de plus en plus longs, augmenter toujours

davantage — encore que de plus en plus lentement — le produit qu'ils donneront. Un mois de travail, dépensé dans une production instantanée, donnera 100 unités de produit; si l'on adopte des processus productifs qui fassent attendre le produit 1 an, 2 ans, 3 ans, etc., on pourra obtenir, ou lieu de 100 unités, 200, 280, 350 unités, etc. Mais de ceci il résulte qu'un mois de travail dépensé en cette année 1907, quelque processus que l'on adopte, donnera plus, dans l'année où on en recueillera le produit, que ne donnera, dans cette même année, un mois de travail de 1908 ou de 1909.

Les trois causes ci-dessus font que l'on préfère les biens présents aux biens futurs; elles donnent naissance à un *agio* en faveur des biens présents. Et cet agio sera uniforme sur tout le marché; il sera, en outre, proportionnel à l'éloignement des biens futurs; sans quoi on aurait avantage à pratiquer des « arbitrages », et la proportionnalité serait établie par là.

L'intérêt n'est pas autre chose que cet agio dont je viens de parler. Il est le prix pour lequel des biens présents sont cédés contre des biens futurs. Celui qui prête 1.000 francs pour un an exige qu'on lui rembourse à l'échéance, non pas 1.000 francs, mais 1.050. Il échange, en somme, 1.000 francs présents contre 1.050 francs qui lui seront versés après un an. L'entrepreneur qui emploie des ouvriers ne donne pas à ceux-ci le « produit intégral de leur travail »; et ainsi il obtient un intérêt, lui aussi, pour ses capitaux: c'est qu'il paie ses ouvriers au jour le jour, alors que les biens à la production desquels ils travaillent ne pourront être vendus que longtemps après. Notre entrepreneur, peut-on dire, fait des avances à ses ouvriers: il leur fournit des biens présents — leur salaire, leur subsistance — en échange de ces biens que le travail des ouvriers produira plus tard, ou qu'il produit tout de suite, si l'on veut ainsi parler, mais qui ne prendront que plus tard toute leur valeur. L'intérêt, enfin, que l'on s'assure en achetant des biens durables est analogue à l'intérêt des capitaux d'entreprise. Celui qui achète une maison de rapport, dont il ne touchera les loyers que par la suite, paie, en raison de ce fait, une somme inférieure au total de ces loyers qu'il touchera.

II.

J'ai résumé — d'une manière extrêmement sommaire — la théorie de l'école autrichienne sur la valeur et la théorie

particulière de Böhm-Bawerk sur l'intérêt. Ces théories ne sont pas, à mon avis, sans appeler des réserves. Pour ce qui est de la théorie de la valeur, il est permis de se demander si l'idée de la valeur d'usage ou valeur subjective — de cette valeur qui serait égale à l'utilité marginale des biens multipliée par la quantité possédée —, si cette idée, qui tient dans cette théorie une si grande place, correspond à autre chose qu'à une certaine illusion où nous pouvons incliner plus ou moins; il est permis de trouver, tout au moins, que l'on peut très bien se passer de cette notion pour expliquer — je veux dire pour expliquer à la manière des Autrichiens — la valeur d'échange, la détermination des prix. La théorie de Böhm-Bawerk sur l'intérêt me paraît plus critiquable encore. Elle contient à peu près tous les éléments de la solution du problème, et par là elle représente un progrès très important par rapport aux théories antérieurement émises sur la même question. Elle ne contient pas, cependant, tous les éléments de la solution, et elle n'enchaîne pas d'une façon satisfaisante ceux qu'elle contient.

Ce n'est le lieu, toutefois, de discuter à fond les théories exposées ci-dessus [1]. Si j'ai résumé ces théories, ç'a été surtout pour illustrer les conceptions que les économistes autrichiens se sont faites sur l'objet et la méthode de l'économique. Ce sont ces conceptions qu'il s'agit ici d'apprécier. Pour cela, j'examinerai successivement les conceptions des trois écoles auxquelles l'école autrichienne s'oppose, à savoir de l'historisme pur, de l'école inductive et de l'école classique.

1. **L'historisme.** — L'historisme pur n'a peut-être été professé par aucun économiste; mais beaucoup d'économistes l'ont pratiqué, en ce sens qu'ils se sont consacrés exclusivement à l'étude des faits économiques passés et présents, je veux dire des faits économiques complexes. Quelle importance y a-t-il lieu de reconnaître à une telle étude?

Si nous élargissons la question que je viens de poser, si nous considérons, non point l'économique en particulier, mais l'ensemble des branches de la recherche, nous trouverons que l'étude historique — c'est-à-dire la constatation des faits, et spécialement des faits complexes — est utile ou intéressante à plusieurs titres.

[1] Sur la théorie de l'intérêt, voir mon livre *L'intérêt du capital*, (Paris, Giard et Brière, 1904).

L'étude historique, tout d'abord, satisfait *par elle-même* notre curiosité. Elle nous procurera par là un plaisir qui sera plus ou moins vif. Cela dépendra, notamment, de la diversité et de l'étrangeté des tableaux, des choses que l'histoire nous fera connaître: ainsi l'histoire naturelle, qu'elle s'occupe des espèces disparues ou des espèces existantes, présente un grand attrait à cause des formes variées, des moeurs curieuses, comme l'on dit, des êtres qu'elle nous présente; il n'est pas besoin, d'autre part, de parler de cet intérêt dramatique que l'on trouve dans l' « histoire », au sens familier du mot. Et il faut tenir compte également, ici, de la proximité plus ou moins grande, par rapport à nous, des faits auxquels l'histoire s'attache: nous désirons savoir, par exemple, comment ont vécu les générations qui nous ont précédés sur la terre, de la même manière, pour les mêmes raisons qui font que nous désirons connaître la vie des individus dont nous descendons.

En deuxième lieu, l'histoire constitue une réserve de matériaux qui serviront à découvrir ou à vérifier des lois. D'un réserve pareille, il est des sciences qui peuvent se passer presque complètement: telles la physique ou la chimie. C'est que les phénomènes dont ces science s'occupent sont des phénomènes relativement très simples, et qui en raison de cette simplicité même se répètent identiques un nombre considérable de fois, que l'on peut reproduire à volonté. Mais prenons ces faits qui sont la base de certaines parties de la sociologie: les institutions politiques ou juridiques, si l'on veut. Ce sont des faits éminemment complexes, et qui pour cette cause évoluent perpétuellement sans que jamais d'une époque à l'autre, d'un pays à l'autre on les retrouve exactement identiques. Il est donc nécessaire, pour permettre la constitution de la science sociologique, que l'on étudie les institutions politiques et juridiques qui ont existé ou qui existent, et que l'on conserve, après l'avoir faite, l'histoire de ces institutions [1].

[1] J'ajouterai que la connaissance historique supplée dans une certaine mesure à la connaissance scientifique, lorsqu'on ne peut point parvenir à celle-ci. Les successions qui se sont produites dans le passé, et où l'on ne peut pas discerner sûrement des relations causales, permettent quelquefois d'émettre des prévisions avec quelque probabilité. On peut en outre, en prolongeant dans l'avenir les courbes dessinées par les faits dans le passé récent, se donner une idée de ce que sera cet avenir, ou du moins l'avenir le plus prochain.

En troisième lieu, l'histoire — en tant qu'elle s'occupe du présent — nous renseigne sur les problèmes pratiques que nous avons à résoudre: elle en détermine les données d'une manière plus complète et plus précise.

Tels sont les trois grands services que nous rend l'étude historique. Considérant ces services, on se persuadera aisément que pour l'économique en particulier l'étude historique a une importance extrême. L'histoire économique nous présente des faits très divers, et dont beaucoup nous touchent de très près: elle offre donc un intérêt de curiosité. Cette histoire aidera beaucoup à la constitution de la science économique: les faits économiques complexes qu'elle rassemble — faits qui à cause de leur complexité même sont destinés à demeurer singuliers — serviront de base pour des inductions, et permettront de contrôler des déductions auxquelles on aura procédé. Enfin — et peut-être est-ce ici la première des utilités qu'elle a — l'histoire économique nous documentera sur ces problèmes pratiques dont la préoccupation est la justification principale de toute recherche, même théorique.

L'histoire économique a donc une importance très grande. Mais si l'on néglige cet intérêt de curiosité qu'on y peut trouver, et qui est certainement quelque chose de secondaire, si l'on se place exclusivement au point de vue scientifique, elle a de l'importance parce qu'elle aide à la *constitution* d'une part, à l'*application* de l'autre de la science économique; elle n'a pas d'importance *par elle-même*. Et c'est ce que les économistes autrichiens ont bien vu.

2. **L'école inductive.** — Il n'y a pas eu jusqu'ici d'école, dans l'économique, que l'on ait appelé ainsi; il n'y a même pas eu à vrai dire d'école qui mérite cette appellation. Mais parmi les membres de l'école dite historique il en est que l'on peut regarder comme des inductivistes — s'il est permis de risquer ce mot —. Ceux des membres de l'école historique qui n'ont point prétendu enfermer les économistes dans une tâche d'historiens, qui ne se sont point confinés dans une telle tâche, n'ont guère admis, et surtout n'ont guère pratiqué, comme moyen de déterminer des lois, que l'induction; pour être plus précis, ils n'ont guère pratiqué que cette induction qui se base sur l'observation des faits complexes — des statistiques notamment —. Que faut-il penser de cette méthode?

L'induction, dans certaines sciences, est un moyen d'inves-

tigation scientifique extrêmement précieux: qu'il suffise de citer des sciences comme la physique, la chimie, la biologie. Mais il faut se rendre compte que dans l'économique, les conditions de l'investigation scientifique sont tout autres que ce qu'elles sont dans les sciences ci-dessus.

Tout d'abord l'économiste ne peut point pratiquer — sauf peut-être dans des cas exceptionnels — l'expérimentation. Cela tient, entre autres choses, à la solidarité qui unit, aujourd'hui surtout, les phénomènes économiques par groupes très étendus, et qui fait que l'action d'un individu, d'un expérimentateur, est impuissante à produire, par rapport aux faits qu'il peut se proposer d'étudier, des effets appréciables. Il ne me sera pas possible, pour vérifier telle hypothèse que j'aurai formée sur la question des prix, ou de l'intérêt, de modifier — comme il serait nécessaire de faire — le cours des marchandises ou le taux de l'intérêt sur le marché.

Reste donc, comme fondement pour l'induction, l'observation. Il faudra que celle-ci nous présente dans la réalité des applications spontanées, si l'on peut ainsi dire, de ces méthodes logiques par lesquelles des relations causales peuvent être découvertes. Mais cela n'arrivera que bien rarement: et la raison en est dans la très grande complexité de ces phénomènes auxquels s'attachent les partisans exclusifs de l'induction. Reprenons l'exemple de l'intérêt du capital. Notant les variations que le taux de cet intérêt a subies, dans les divers pays, d'une époque à l'autre, notant en même temps les variations concomitantes de tels et tels autres phénomènes économiques, est-il concevable que l'on arrive jamais à expliquer le fait de l'intérêt? On peut hardiment répondre que non. Et il n'est pas besoin pour cela de se fonder sur une théorie de l'intérêt à laquelle on sera arrivé par quelque autre voie: il suffit de considérer la multiplicité des phénomènes avec lesquels le phénomène de l'intérêt, manifestement, se trouve en relation.

Ce n'est pas tout. Faisons l'induction plus efficace qu'elle n'est à coup sûr. Pour pouvoir l'employer, il sera indispensable — c'est là un point que trop souvent l'on oublie, ou que l'on ne veut pas voir — de recourir à des hypothèses. L'induction ne saurait aller sans une hypothèse qui la guide, qui l'inspire. Or ces hypothèses sans lesquelles on ne saurait pro-

céder à des inductions impliquent une élaboration préalable des concepts, tout un travail préliminaire destiné à débrouiller les choses — qu'on me passe cette expression vulgaire —: et un tel travail ne peut consister qu'en des observations portant sur les phénomènes économiques élémentaires, et en des déductions où ils figureront comme prémisses. Pour construire une théorie de l'intérêt inductivement, en se basant par exemple sur les données des statistiques, il faudrait s'être fait au préalable une idée de ce que c'est que le capital, de ce qui donne naissance à l'intérêt: et on n'y peut guère arriver que comme je viens de dire.

Négligeons la remarque précédente. Ce qui reste, c'est que la méthode inductive, telle qu'on l'entend, est assez inféconde en économique. Cette autre méthode donnera beaucoup plus de résultats qui part des faits élémentaires et familiers et s'en sert pour étendre déductivement la connaissance. Les phénomènes économiques se présentent à nous comme formant de vastes systèmes solidaires où tout s'enchaîne, où toutes les parties composantes agissent les unes sur les autres; ou bien ils sont les résultantes de cette énorme masse d'actions et de réactions: c'est ce qui empêche qu'observant les ensembles, ou les résultantes, on puisse se servir très utilement de l'induction. Mais en même temps les éléments des systèmes que je disais sont très simples; il se ramènent à un petit nombre de types; ils nous sont accessibles: nous pouvons donc, une fois que nous les avons saisis et notés, comprendre par le raisonnement déductif comment ces ensembles se construisent, et comment ces résultantes se déterminent dont je parlais tantôt.

3. **L'école classique.** — Il me faut maintenant mettre les conceptions de l'école autrichienne en comparaison avec celles de l'école classique, et d'une manière générale de ces économistes qui, usant de la déduction, n'ont pas donné autant d'attention que les Autrichiens à l'origine psychologique des phénomènes économiques. Mais je pourrai être bref sur ce point: car je pense avoir suffisamment montré, quand j'ai exposé les vues de l'école autrichienne, la supériorité de ces vues.

Les économistes que l'on appelle déductifs ont su tous que les phénomènes économiques procédaient d'une activité consciente de l'homme; ils ont tous mis à la base de leur

doctrine des notions, des faits d'ordre psychologique. Ils ont eu cependant une tendance tâcheuse — si l'on excepte les Autrichiens et ceux qui après eux se sont inspirés de leur enseignement — à oublier trop vite que l'explication des phénomènes économiques doit être toujours, en dernière analyse, psychologique; ils sont tous plus ou moins tombés dans la faute de traiter ces phénomènes comme des phénomènes physiques. J'ai dit qu'en conséquence de cela leurs théories n'expliquaient qu'incomplètement les faits auxquels elles se rapportent, et que souvent même elles étaient entachées d'erreur. J'ai cité des exemples; il est facile d'en trouver d'autres. Parmi les erreurs les plus fâcheuses où les économistes classiques sont tombés, il convient de compter d'une part celles que l'on trouve dans leurs théories de la monnaie, et d'autre part celles que l'on trouve dans leurs théories du commerce international. Les premières procèdent de l'assimilation inexacte de la monnaie aux marchandises ordinaires; les autres de l'assimilation des nations qui échangent aux individus. Ces erreurs sont nées de ce que les classiques n'ont par cherché à se représenter d'une manière exacte le mécanisme des opérations où la monnaie figure, ni le mécanisme du commerce extérieur: ils n'ont pas analysé assez ces opérations, ils n'ont pas pris la peine de remonter jusqu'aux mobiles des gens qui y participent et d'embrasser du regard tout cet enchaînement par lequel elles se rattachent à ces mobiles et en dérivent.

J'ai parlé déjà de certaines théories incomplètes et inexactes des grands classiques sur la valeur. Une comparaison plus instructive encore est celle qu'il convient de faire de la théorie de l'utilité-limite, telle qu'elle se trouve chez les Autrichiens, et de cette même théorie, telle qu'elle se trouve chez d'autres économistes. On sait que la théorie de l'utilité-limite avait été exposée une première fois par Gossen, en 1854, sans être remarquée par personne. Elle devait être présentée au public, plus tard, presque simultanément par Menger, Jevons et Walras. Mais de ces trois auteurs, c'est Menger qui lui a donné la forme la plus satisfaisante. Jevons, après avoir dit que l'utilité des biens décroissait quand la quantité en augmentait, tire immédiatement de là la loi selon laquelle les marchandises s'échangeront les unes contre les autres; il ne prend pas assez la peine de nous faire comprendre pour-

quoi les marchandises s'échangeront selon cette loi, il ne nous explique pas suffisamment le mécanisme de la détermination des prix. Et il en est de même pour Walras: celui-ci est détourné de nous donner ces explications, nécessaires pourtant, par le souci qu'il a de traiter mathématiquement le problème des prix.

III.

Les conclusions auxquelles j'arrive sont favorables aux conceptions de l'école autrichienne. Il y a lieu d'approuver, ce me semble, les idées des économistes autrichiens sur l'objet et sur la méthode de l'économique. Mais alors la question se pose de savoir pourquoi ces idées, si elles ont des partisans, ont aussi des adversaires, pourquoi elles ne se font pas accepter de tous les économistes.

Dirons-nous qu'il est des gens qui préfèrent à la recherche « théorique », à l'analyse, le travail purement historique parce que ce travail est à bien des égards plus facile, parce qu'il permet l'utilisation d'aptitudes intellectuelles plus communes, et qu'il expose moins à la critique ceux qui s'y adonnent? Dirons-nous qu'il est d'autres gens qui ne réussissent pas à s'intéresser aux questions spéculatives, ou qu'une hâte excessive d'aborder les problèmes pratiques empêche d'approfondir ces questions? Cela n'expliquera pas comment on peut, si souvent, mépriser ou dédaigner, dans l'économique, l'investigation proprement scientifique. Et cela n'expliquera surtout pas comment, chez ceux qui admettent l'importance de cette investigation et qui s'y adonnent, des divergences d'opinion peuvent exister, touchant la manière dont elle devra être conduite.

Ce qu'il faut prendre en considération, ici, c'est que l'emploi de la méthode préconisée par les Autrichiens ne permet guère, quelque habilement qu'on la manie, quelque simples que soient — relativement — les questions auxquelles on l'applique, d'arriver du premier coup à édifier des théories parfaites et définitives; il s'en faut même de beaucoup: et l'on prendra texte de cela pour douter ou pour nier que la méthode convienne pour l'étude des questions économiques.

C'est que les écueils sont nombreux que l'on rencontre lorsqu'on veut se servir de la méthode des Autrichiens. Com-

mençant par observer les faits élémentaires qui aideront à résoudre les problèmes étudiés, on courra le risque de négliger certains de ces faits; c'est ainsi par exemple que Böhm-Bawerk a négligé le fait que la capitalisation, normalement, dérange l'*équilibre de la consommation* dans les moments successifs du temps: fait très important pour l'explication de l'intérêt, parce qu'il est la cause principale qui limite la capitalisation. Il pourra arriver, en deuxième lieu, que l'économiste ne note par avec une exactitude ou avec une précision suffisante ces faits élémentaires qui seront comme la base de ses constructions. Il sera exposé, encore, à ne pas bien voir les rapports qui existent entre eux, à les combiner, à les enchaîner dans ses déductions d'une manière qui ne sera point conforme à la réalité. Il pourra, enfin, commettre des fautes de logique dans la construction de ses théories.

Mais imaginons qu'un auteur soit parvenu à édifier, sur une question donnée, une théorie parfaitement correcte. Cette théorie ne s'imposera pas aux économistes comme certaines découvertes de la physique, de la chimie, de la biologie s'imposent à ceux qui s'occupent de ces sciences. Les théories, les lois économiques sont abstraites, en un sens, plus que les théories, les lois physiques, chimiques ou biologiques: je veux dire que celles-là considèrent à part, dans le complexus de la réalité, des phénomènes qui ne sont pas isolables au même point que les phénomènes physiques, chimiques ou biologiques; l'abstraction qu'elles opèrent paraîtra donc plus arbitraire que l'abstraction physique, chimique ou biologique.

Et voici d'autres remarques — qui d'ailleurs ne sont pas sans se rattacher à la précédente —. Les théories économiques ne sont guère susceptibles de recevoir une vérification expérimentale, pour cette raison que l'expérimentation, dans l'économique, est à peu près impossible. Elles ne pourront pas recevoir, notamment, cette vérification — d'une certaine façon la plus convaincante — qui résulte de l'application, de l'utilisation pratique immédiate de la vérité spéculative. Elles pourront être vérifiées par l'observation? Difficilement, vu la complexité extrême de ces systèmes que forment les phénomènes économiques. Mais à quoi bon insister sur ce point? La vérification des théories économiques est difficile — et on le comprendra sans peine — pour ces mêmes causes qui rendent la méthode purement inductive relativement inféconde

dans l'économique. Or ces causes, je les ai dites déjà. J'ajouterai seulement l'indication d'une difficulté que je n'ai pas mentionnée encore: celle qui résulte, dans bien des questions économiques, de la nécessité de mesurer des phénomènes qui en fait tout au moins ne sont pas mesurables. Pour vérifier une théorie comme la théorie autrichienne de la détermination des prix, il faudrait connaître, pour un marché, l'estimation que les vendeurs et les acheteurs font des marchandises qui seront échangées; et cela est manifestement impossible.

Que reste-t-il donc, comme moyen de savoir si une théorie économique du genre des théories autrichiennes est vraie ou non? Point d'autre moyen que de considérer cette théorie en elle-même, de voir si les faits élémentaires sur lesquels elle se base ont été bien observés, si la théorie ne présente pas de vice logique, etc. Mais pour employer ce moyen, il faut tout d'abord faire confiance à la méthode par laquelle la théorie en question a été construite: et beaucoup s'y refuseront. Il faut ensuite prendre la peine d'étudier la théorie avec soin, l'embrasser à la fois dans son ensemble et dans ses détails: et c'est là un effort que bien peu de gens voudront s'imposer.

Ainsi, les résultats auxquels on peut arriver quand on s'inspire des conceptions de l'école autrichienne sur l'économique seront presque toujours imparfaits; et même s'ils ne le sont pas, ils pourront toujours être contestés ou méconnus. Ne nous étonnons donc pas, dès lors, si ces conceptions se heurtent encore à la contradiction et au doute. Félicitons-nous, plutôt, des progrès qu'elles ont faits. Comme je l'ai indiqué déjà, l'activité de l'école autrichienne proprement dite est bien ralentie, et paraît presque épuisée. Est-ce dû à la cohésion trop étroite de cette école, à la trop grande docilité de ceux des disciples qui ont voulu continuer l'oeuvre des maîtres — cohésion, docilité qui ne peuvent être que des causes de stagnation intellectuelle —? Cela tient-il à ce qu'un courant très puissant, dans tous les pays allemands, entraîne vers l'étude des questions pratiques les meilleurs esprits — et la tentation est toujours forte, pour l'économiste, de verser complètement dans cette étude —? Il suffira de constater le fait. Mais l'influence des travaux de l'école autrichienne, à cette heure, est grande en Angleterre, plus grande encore en

Amérique; elle n'est pas nulle en France et en Italie [1]. Et il est permis de croire — d'espérer — que la conception autrichienne de l'économique comptera, dans l'avenir, des partisans de plus en plus nombreux.

École des Hautes Études, Paris.

ADOLPHE LANDRY

[1] Je mentionnerai, pour l'Angleterre, les noms de SMART et de HOBSON (celui-ci pour son *Economics of distribution*); MARSHALL aussi n'est pas sans avoir tiré profit des travaux des Autrichiens. Pour l'Amérique, je n'ai qu'à renvoyer à la collection du *Quarterly journal of economics*, où les théories autrichiennes ont fait l'objet d'une longue série d'articles; et il faudrait indiquer, encore, des ouvrages comme la *Distribution of wealth* de CARVER. Pour la France, il me sera permis de mentionner mes propres ouvrages, et principalement mon livre sur *L'intérêt du capital*, déjà cité. Enfin, parmi les travaux italiens où l'influence autrichienne se fait sentir, il importe d'indiquer ceux de PANTALEONI (voir notamment les *Principii di economia pura*).

LE DUE LEGGI FONDAMENTALI DELLA SOCIOLOGIA

I.

Ogni osservatore il quale abbia seguito davvicino le tendenze del pensiero e della educazione in questi ultimi 15 o 20 anni, si sarà indubbiamente accorto che un marcatissimo cambiamento si è in esse verificato; e la trasformazione può essere osservata tanto in Germania quanto in Francia, tanto in Italia quanto negli Stati Uniti e nell' Inghilterra; ma più particolarmente in questi due ultimi paesi. La caratteristica di tale mutamento consiste in ciò: che lo studio di tutte le scienze si va sempre più basando sopra ricerche pratiche, e che di conseguenza le scienze stesse tendono ad un progressivo frazionamento in base ad una sempre più ampia divisione di lavoro. Questa tendenza è, sotto un certo aspetto, assai salutare. Ma vi è un altro aspetto il quale riguarda in particolar modo il sociologo. Una scienza come la sociologia, che sta a lato della biologia, che attinge il proprio materiale nel campo fisico, nello storico e nello psichico, e le cui conclusioni in ultima analisi discendono dalla correlazione dei risultati ottenuti in tutte le scienze sociali, è oggidì travagliata da una caratteristica difficoltà.

Ora meno che mai, ciascuno dei rami in cui è stato suddiviso lo scibile umano tende a produrre reclute per quel vastissimo studio, per quell' ampia preparazione che un felice progresso dello studio della sociologia richiederebbe. È vero che in nessun tempo vi furono mai quanto ora in ogni paese tanti studiosi della storia sociale; i costumi delle tribù selvagge, le credenze degli uomini primitivi, la Criminologia, l' Igiene, l' Economia domestica, le transazioni commerciali,

l' Economia rurale, la legislazione a favore delle classi meno abbienti e la legislazione operaia, i salari e moltissime altre analoghe questioni son state fatte oggetto di speciale studio e di ampie ricerche; e i particolari di tutti questi soggetti sono intimamente collegati con la sociologia. Ma il sociologo sa bene che lo studio anche di tutti questi soggetti raggruppati insieme, ancora non costituisce la scienza della sociologia.

D'altra parte lo studioso che si occupa di una particolare ricerca pratica, spesso si rivolge al sociologo. « Ecco » suole egli dire, « io spendo l' intera mia vita nella investigazione dei particolari di un singolo soggetto. E come si può oggi d' altra parte pretendere di trattare con competenza tutti i risultati scientifici sopra i quali si ritiene basata la sociologia? » Il sociologo sente tutta la gravità dell' interrogazione; ma però egli sa che questa non è se non una difficoltà inerente ad un periodo transitorio del sapere. Poichè nulla è oggi più evidente per lui del fatto che la quasi infinita varietà e complessità di particolari che noi incontriamo nelle scienze sociali è compatibile con una rimarchevole semplicità dei principî fondamentali.

Ciò si è verificato anche in scienze che precedettero la sociologia. Sarebbe impossibile, per esempio, concepire qualche cosa di più intricato del complesso dei particolari che scopre l' osservatore studiando gli spazi planetarî; l' infinita varietà di mondi, di forme, di distanze, di moti, di apparenze. Ciò non pertanto la complessità delle evoluzioni stellari, con tutti i moti dei mondi e i loro periodi, tende ad essere ridotta ad una ordinata semplicità per virtù della scoperta della legge di gravitazione universale e dei pochi altri principî che con quella sono in correlazione. Lo stesso dicasi della biologia. La varietà delle forme, delle specie e delle funzioni era infinita. La complessità della vita appariva estendersi oltre i confini dell' intelletto umano, incompatibile con l' esistenza di una legge organizzatrice universale. Non sembrava che alcuno potesse con competenza trattare i risultati di tante scienze. La Chimica, la Botanica, la Zoologia, la Storia, la Politica e tutte le scienze sociali trattavano aspetti varî della vita. Eppure toccò a Darwin, il quale non era nè un chimico, nè un botanico, nè un zoologo e neppure un professore di alcuna scienza sociale, quantunque fosse bene al corrente dei loro ultimi risultati, di trovare in un dettaglio economico la guida

che lo condusse al principio unificatore che portò ordine e legge in tutte le scienze aventi per oggetto lo studio della vita.

Così avviene per la nascente sociologia. Il sociologo competente sa bene che ciò che costituisce l'oggetto del suo studio assurge a vera scienza appunto quando noi sappiamo rilevare la notevole semplicità dei principî fondamentali che stanno a sustrato di tutta l'apparente varietà e complessità dei risultati coi quali la Sociologia è in istretta relazione. Vediamo ora fin dove noi siam giunti nella determinazione di questi principî fondamentali della Sociologia.

II.

Tempo addietro, in occasione di una lettura da me tenuta alla Royal Institution in Londra, affermai che, a parer mio, si doveva ritener vicino il tempo in cui la sociologia sarebbe stata in grado di enunciare certe leggi fondamentali sulla evoluzione della Società con quasi altrettanta chiarezza e precisione con cui leggi e principî sono stati enunciati in altre scienze. Fu con qualche sorpresa che io vidi questa asserzione dar origine a notevoli divergenze. Ma già prima, quando avevo esposto lo stesso concetto sebbene in termini un po' più vaghi davanti ai membri della Società Socratica dell'Università di Birmingham, il prof. Muirhead, riferendosi alla complessità e alla vasta estensione dei materiali coi quali il sociologo deve trattare, aveva espresso nettamente i suoi dubbi sulla possibilità che la sociologia potesse giungere a tanto.

Ora come risultato dei miei studi e delle mie ricerche personali, io mi sono invece a poco a poco formata la convinzione che le leggi fondamentali della scienza della società sono poche numericamente, e sono, qualitativamente, dinamiche, proprio come i principî fondamentali che hanno unificato la biologia introducendo la concezione di un ordine sottostante alla complessità dei fenomeni della vita. È indubbio che tutte le forme, le istituzioni, gli aspetti particolari dell'evoluzione sociale sono, in ultima analisi, governati dalle forze stesse da cui sono stati creati e per mezzo delle quali gli individui che ne sono influenzati mantengono i loro posti in opposizione ad altri individui influenzati da altre forme, e da altre istituzioni.

Nel suo studio *La Sociologie dans le Cours de Philosophie Positive d'Auguste Comte,* Eugenio Rignano, direttore in questa

Rivista, ha dato risalto al concetto che il grande fatto che meglio rivela il carattere della nuova « Scienza della Società », è l'aver avuto la percezione della lotta sempre latente ma attiva in qualsiasi forma di Società: osservazione che io ritengo corretta. Nessun sociologo competente, invero, il quale abbia presente la sorprendente vastità della mente di Comte, può fare a meno di deplorare che Comte sia vissuto in un tempo in cui la dinamica dell'evoluzione organica non era compresa, come a comprenderla si comincia ora alla luce della teoria darwiniana della lotta per l'esistenza e della legge di selezione naturale, da quella derivante.

III.

Io credo che nella società agiscano sovranamente due principî dinamici fondamentali che precedono tutti gli altri. Tratteremo del primo di essi in questo articolo. Esso è nel senso più esatto un principio sovrano, poichè esercita la propria influenza sopra ogni aspetto della Società, sopra tutte le istituzioni umane. Esso governa, in ultima analisi, perfino il progresso della natura morale dell'uomo e indubbiamente influenza anche lo sviluppo della stessa mente umana. Se noi vogliamo formalmente esporre questa legge o principio dobbiamo farlo, io credo, in termini i quali non servano solamente ad enunciarlo come principio dominante del progresso umano, bensì in termini che servano anche a fissare in chiaro modo nelle nostre menti la differenza essenziale intercorrente fra esso come legge dinamica che governa tutti i fatti in Sociologia e la legge dinamica che governa l'evoluzione della vita prima che esista una Società; e credo che questa prima legge o principio della dinamica sociale possa essere enunciato come segue:

Prima legge sociologica.

a) Nell'evoluzione della vita fuori della Società ogni progresso è governato dal fatto che la lotta per mezzo della quale la selezione naturale agisce, sia nel conflitto fra individui della stessa specie, sia fra quelli di specie diversa, è essenzialmente una lotta fra individui. Ogni sviluppo segue perciò il cammino della selezione naturale in quanto evolve

nell' individuo quelle qualità le quali contribuiscono alla efficienza dell' individuo stesso nel conflitto.

b) Ma nell' evoluzione della Società umana tutte le fasi dello sviluppo sono governate dal principio che la lotta per mezzo della quale agisce la selezione naturale è sempre un conflitto fra un tipo meno organico ed un tipo più organico di società. Ogni progresso segue perciò il cammino della selezione naturale in quanto evolve nell' individuo le qualità le quali contribuiscono alla efficienza della Società in questo conflitto organico.

Ho enunciato questa legge con una certa lunghezza affine di mostrare, per così dire, gli elementi che la compongono e di permettere alla mente di seguire i gradi per i quali il risultato viene raggiunto. Volendo enunciarla più brevemente, se non proprio altrettanto chiaramente, sarebbe come segue:

Il processo sociale evolve, sopratutto, nell' individuo, non le qualità che contribuiscono alla sua propria efficienza nel conflitto coi suoi simili, bensì quelle sue qualità che contribuiscono alla efficienza della Società nella sua ininterrotta evoluzione verso un tipo più organico.

Se noi esaminiamo davvicino questo principio fondamentale del processo evolutivo della società, possiamo vedere quanto comprensivo esso sia e notare anche quanto lontano ci conduca in Sociologia la chiara percezione delle sue applicazioni. Noi rileviamo subito il valore del fatto che, mentre in ambedue le fasi dell' evoluzione l' individuo continua ad essere l' unità nella quale si concretano le conseguenze tutte del conflitto evolutivo, queste alla lor volta sono in ciascuno dei due casi soggette ad una tendenza direttiva interamente diversa. Nella prima fase la selezione naturale sviluppa nell' individuo le qualità della sua propria efficienza rispetto al conflitto con gli altri individui. Nell' altra essa sviluppa in lui le qualità che costituiranno l' efficienza della Società in relazione al suo progresso verso una costituzione più organica. La semplicità del principio, come quella di ogni legge naturale, risulta evidente, dalla sola sua enunciazione. Ma l' ordine e la sistemazione che esso può introdurre nella infinita quantità dei materiali dello studio della Sociologia risulterà subito chiaro da quanto segue.

IV.

Se noi applichiamo il principio alle scienze sociali, i risultati che se ne ottengono sono sorprendenti. Incominciamo dall' *Etica*. Nulla in questo complesso soggetto ha dato tanto filo a torcere ad intere generazioni di studiosi che tentarono di ordinare i fatti in un sistema scientifico, più dei fenomeni della natura etica dell' uomo.

Molti trattati sono stati scritti sull' uomo « naturale ». Perchè, si è domandato, l'uomo non dovrebbe essere « naturale » come qualsiasi altra creatura? Perchè non dovrebbe egli seguire i propri istinti innati, senza essere sempre angustiato da una duplicità di tendenze che i moralisti pretendono di trovare nella sua mente? Innumerevoli trattati sono anche stati scritti da diversi punti di vista, intorno ai fenomeni che palesano questo conflitto interno substrato alla natura etica dell' uomo e si è invocata la volontà, la ragione o anche la religione per innalzare la creatura umana ad un livello morale sempre più elevato. Il corredo di fatti e di risultati al quale nelle controversie si è ricorso è sbalorditivo; ed i problemi dell' etica arrivano a fondersi con quelli fondamentali della filosofia. Ora si noterà quanta luce questa prima legge sociologica da me enunciata getta su tutti i fatti, oggetto di queste controversie. Si osservi come i fatti ed i particolari si ordinano.

Parlando della vita quale si svolge al di fuori e al di sotto della società umana è stato detto che sarebbe possibile fare un codice etico per ogni individuo di qualsiasi specie animale, ove soltanto si conoscessero i fatti della sua vita.

Accordiamolo. Ma quanto semplice sarebbe un simile codice.... Poichè, al lume della nostra legge, noi vediamo come la selezione naturale evolva nell' individuo animale soltanto quelle qualità le quali contribuiscono al suo proprio singolo successo nella lotta coi suoi simili. La correlazione fra la condotta e l' oggetto da conseguire è diretta ed immediata. Non esiste quindi alcuna duplicità di tendenze, e non vi è posto alcuno per un codice morale, di un tipo come quello che può esistere nella società umana. Ma quando noi a questa ci volgiamo, osserviamo fatti ben diversi. Il conflitto etico e la duplicità di tendenze sono dovunque manifesti. L' uomo come individuo tutto eredita dal suo passato individualistico. Ma, senza che egli perda quelle qualità personali che conti-

nuano ad essere necessarie tanto a lui stesso quanto alla Società, è un fatto che, nel medesimo tempo, ogni atto che rientri nell' orbita del suo codice morale, ogni passo sulla via del suo sviluppo, viene lentamente a subire l' influenza dell' imperio sovrano di un nuovo principio evolutivo; cioè avviene che la selezione naturale sviluppa in lui, come primo risultato, non più quelle qualità le quali contribuiscono alla sua propria efficienza in rapporto alla lotta con i suoi simili, bensì le qualità le quali contribuiscono alla efficienza della Società nella sua lotta per una costituzione più organica.

Se noi esaminiamo l' uno dopo l' altro i nostri trattati di Etica, possiamo scorgere qual principio d' ordine e quale ordinato sviluppo questa prima legge della Sociologia introduca in tutti i particolari che i vari rami dell' Etica trattano. Essa dà anche maggior luce e più chiaro significato alle conclusioni cui si è già pervenuti.

Io non conosco più luminoso esempio, nel campo dell' Etica, di quello ricordato da T. H. Green autore dei *Prolegomena to Ethics*. Green diceva che il comandamento « ama il prossimo come te stesso », non aveva mai variato nel suo carattere imperativo di appello alla mente umana. Mutata era soltanto la risposta al quesito: « chi è il prossimo? ».

Nella storia del progresso umano noi infatti vediamo questa risposta assumere un significato sempre più ampio. Il concetto di « prossimo » ha continuamente estesa la propria comprensività, dalla famiglia al gruppo, dal gruppo alla tribù, dalla tribù al Comune, dal Comune alla Nazione e dalla Nazione all' umanità e quasi all' universo sensibile.

Se noi osserviamo questa sorprendente generalizzazione alla luce della nostra prima legge di Sociologia, noi scorgiamo, non solamente quanto profondamente vera essa è, ma come sia stato lumeggiato il principio dinamico che ha originato un tale sviluppo. Qualsiasi progresso nel tenore della condotta dell' individuo nella Società deve, per la natura stessa del processo evolutivo, seguire lo svolgimento delle qualità che contribuiscono alla maggiore efficienza della Società stessa nella sua elevazione verso una costituzione sempre più organica. Così intimo, in breve, è il rapporto fra lo sviluppo al quale accenna il Green e il principio dinamico da me enunciato come prima legge della Sociologia, che noi avremmo predetto il primo, dalla nostra conoscenza del secondo. E

qui, come altrove in Etica, noi ora non vediamo più tali fatti come generalizzazioni isolate, ma come elementi di un ampio movimento includente molti altri sviluppi di specie simile, tutti soggetti a quest' unico principio regolatore e sovrano. Non vi sarebbe spazio sufficiente in questa Rivista, ed a maggior ragione non v' è in un compendio di questa natura, per sviluppare il principio in tutte le sue applicazioni all' etica, ma ognuno può benissimo applicarlo per proprio conto, in questa scienza, a un vasto ordine di fatti analoghi.

V.

Se noi applichiamo la nostra legge sociologica alle altre scienze sociali, essa continua a darci ugualmente efficaci risultati. Prendiamo la psicologia in rapporto alla filosofia sociale. Noi possiamo subito scorgere la natura del problema col quale la vecchia psicologia deve attualmente lottare. Noi possiamo perfino predire con qualche certezza in qual direzione si muoverà il futuro suo svolgimento. Nell' *Etica* di Aristotile, l' idea fondamentale è l' identificazione di individuo e di Stato. La stessa concezione si afferma nella psicologia moderna nella sua applicazione alla filosofia politica, quantunque vi si sia giunti per diversa via; cioè per mezzo dell' esame acuto e dell' analisi accurata del contenuto della mente individuale. Ma il secondo passo è stato generalmente di considerare la Società unicamente come una somma di queste menti, e di trarre da questo concetto ogni deduzione e conclusione. Noi possiamo scorgere la natura delle difficoltà in cui si dibatte questa proposizione e perchè venga mossa l' accusa che essa non abbia dato fruttuosi risultati. È il metodo che è errato. Se noi teniamo presente la nostra legge sociologica, noi intendiamo immediatamente che il processo sociale deve avere proprie leggi e una propria psicologia, e che sono queste che si impongono gradatamente ed ovunque all' individuo e che, in ultima analisi, guidano perfino lo sviluppo della mente umana. Uno dei temi filosofici più discussi, al giorno d' oggi, in Inghilterra e in America, è quello colà conosciuto col nome di Pragmatismo, e in Inghilterra col nome di Umanismo: il primo rappresentato da William James, il secondo dallo Schiller. Il James ha provocato infinite discussioni affermando che il nome di verità spetta a tutte quelle proposizioni che riescono a procurarci fede, e che vi riescano per mezzo

di argomenti suscettivi di essere precisati. Il tema così indicato sotto il nome di Pragmatismo noi l' abbiamo, a dir vero, da lungo tempo preannunziato, quando vedemmo che è il processo sociale che tutta governa la mente dell' individuo. Una concezione perfetta di che sia Pragmatismo si può, in breve, soltanto acquisire dal sociologo alla luce della nostra prima legge sociologica. Il processo sociale non è dato semplicemente dalla somma delle menti individuali. Anzi sono le leggi del processo sociale che vanno formando la mente individuale, ed è appunto la conoscenza di queste leggi che noi dobbiamo d' ora in poi tener presente, quale guida per riuscire a raggiungere le proposizioni capitali della psicologia. L' uomo nella società è soggetto ad un processo il cui significato organico trascende di molto i limiti della sua vita o qualsiasi possibile interesse personale. E siccome questo processo non può, necessariamente, influenzare altro che la sua mente, è chiaro che essa deve contenere anche concetti che non si riferiscono affatto al suo interesse personale, ma che sorgono in lui come risultato del processo sociale dovuto alla legge dinamica quale noi l'abbiamo definita. Tutti i sistemi filosofici utilitari ed empirici hanno invece sin' ora avuto la tendenza ad analizzare la mente umana dal solo punto di vista del tornaconto personale.

VI.

Se applichiamo ora la legge sociologica alla storia, vediamo che la luce che essa effonde sui nudi fatti che azzeppano le pagine degli storici è ancora maggiore. Essa ci offre un principio organizzatore che riduce ad ordinato sistema i fatti capitali nello sviluppo delle società politiche della razza umana. Fu detto una volta della scuola tedesca di filosofia della storia, che essa non poteva creare alcuna filosofia storica sopra la sola osservazione di un periodo di 400 anni, trascurandone 3000. Applicando la legge sociologica in questione, noi spingiamo invece il nostro sguardo oltre i confini di qualsiasi periodo artificiale. Se noi assumiamo infatti come principio fondamentale che i moti e le evoluzioni che la storia registra, i conflitti fra gli Stati, le organizzazioni e le istituzioni sociali, la costituzione dei popoli, la lotta fra le diverse norme sociali, i diversi costumi e codici, le diverse leggi e civiltà e credenze sono tutti fenomeni governati da un principio dinamico che il sociologo è in grado di nettamente determinare, e per

mezzo del quale noi vediamo l'individuo gradualmente evolversi come membro di un tipo sempre più organico di sistema sociale, è evidente che noi abbiamo in ciò un istrumento possente di sapere.

Il principio unifica in un sistema scientifico non soltanto tutte le epoche della storia, bensì l'intera storia dell'umanità. Noi possiamo usarne come strumento di ricerca non solamente applicandolo alla storia dello sviluppo degli stati e delle civiltà; ma anche, poichè vi produrrà egualmente efficaci risultati, alla storia dell'evoluzione progressiva delle istituzioni. Le organizzazioni ecclesiastiche, i sistemi di governo, la codificazione, le istituzioni economiche e sociali hanno generalmente seguito certe evidenti linee di sviluppo. Nel principio sociologico formulato noi abbiamo la causa dinamica che ha governato questo sviluppo, proprio come ha diretto quello della concezione umana di « chi è il mio prossimo ».

VII.

Giunti a questo punto si può formulare la questione se una simile legge sociologica possa essere applicata ai correnti problemi sociali quali ce li presenta l'Economia, alla lotta di classe, per esempio, o al contrasto delle tendenze industriali ed economiche. Mi pare che la risposta debba essere affermativa. È ancora lo stesso risultato che sta scaturendo dal complesso conflitto delle forze economiche contemporanee, proprio come altrove nel campo della storia; e noi possiamo esser sicuri che è ancora la stessa legge dinamica sociologica che governa tutte le tendenze e che, in ultima analisi, determina la direzione che il progresso prenderà.

Forse un esempio pratico può qui pure esser fatto. Venticinque anni or sono la scienza economica aveva raggiunto in Inghilterra un interessante grado di sviluppo. Noi avevamo attraversato un periodo durante il quale la riduzione delle varie massime economiche ad un tutto organico che cercava di affermarsi scienza, era stata compiuta.

Durante questo periodo, tuttavia, l'attenzione degli economisti Inglesi era stata diretta con maggior insistenza allo studio dei principî della lotta economica come essi la vedevano ingaggiata fra gli individui. Ed i principî di questo conflitto economico ad oltranza fra individui divennero quasi i principî stessi della Scuola Inglese di Economia politica

A proposito di salari, di condizioni di lavoro nella fabbrica, di rapporti fra padrone ed operaio, fra produttore e consumatore e fra lo Stato e tutti costoro, era ritenuto che lo stato di fatto economicamente migliore fosse quello in cui la pura e semplice legge della domanda e dell'offerta potesse senza alcun freno o limite esplicare la propria efficacia nella sua interezza, fino alle estreme conseguenze. Era universalmente accettata, in breve, la concezione economica che il miglior risultato fosse quello raggiunto attraverso la lotta individuale, con la sopravvivenza del più forte.

Se noi vogliamo ora tracciare la storia della Scuola Economica Inglese nell'ultimo quarto di secolo, possiamo osservare come, per l'influenza del progresso sociologico, un certo sviluppo vi si è verificato, e che esso ha seguito una direzione nettamente definita. Ciò che gradualmente si è dovuto ammettere è che il bene dei concorrenti in uno stato di assoluta libera concorrenza fra individui non è la stessa cosa del bene della Società.

Di conseguenza si è verificata in Inghilterra una sempre più decisa tendenza verso l'intervento dello Stato nella lotta fra individui. Sono stati votati provvedimenti legislativi per regolare l'impiego degli operai nelle fabbriche, vietando il lavoro dei fanciulli, riducendo le ore di lavoro, riconoscendo le leghe operaie e perfino ufficialmente sanzionando il principio che negli accordi fra il lavoro e le pubbliche autorità il salario non dovesse discendere al disotto di un limite minimo, segnante la possibilità di una modesta esistenza.

Questo esempio riguarda l'evoluzione avveratasi nella concezione economica in Inghilterra. Ma è un esempio nel quale si rispecchia pure l'evoluzione delle tendenze economiche di quasi tutte le nazioni civili del mondo nello stesso periodo. Nella scienza economica perciò, come nelle altre scienze sociali, noi vediamo come la nostra prima legge sociologica spiega la direzione del progresso avveratovisi e come sia nettamente evidente l'azione del principio dinamico il quale sta a substrato del processo di socializzazione e che, in fondo, tutto lo governa. Crescendo la socializzazione, la lotta fra l'individuo e i suoi simili viene ad essere sempre più efficacemente diretta dalle forze che spingono la Società considerata come un tutto, verso una più organica costituzione. La distinzione nell'individuo stesso fra efficienza individuale ed efficienza sociale è qui una volta di più affermata.

VIII.

Considerando lo stato presente della Sociologia come scienza, è importante notare qui come il carattere della legge che noi siam venuti studiando abbia un valore immediato per spiegare le condizioni attuali della scienza stessa: e studiando queste quali sono in Inghilterra, chiariremo facilmente anche la natura di una situazione peculiare in cui si trova la sociologia, salvo certe varianti, in quasi tutti i paesi.

Si è spesso rimproverato alla sociologia in Inghilterra di attrarre precisamente l'attenzione di coloro che non sono i meglio agguerriti e preparati a questo genere di studi, mentre essa poi respinge una valorosa schiera di intelletti che dovrebbe invece assumere al proprio servizio e dei quali ha la più urgente necessità; con grandissimo scapito del suo credito e della sua efficacia. Io mi proverò a spiegare la situazione come attualmente si presenta: coloro che sono più specialmente adatti a comprendere la natura e lo scopo dei problemi trattati dalla Sociologia, non possono non avere la incrollabile convinzione che i principî darwiniani, che ci rivelano ciò che può essere detto la dinamica del processo vitale universale, hanno stretti rapporti colla dinamica del processo sociale.

La situazione tuttavia creata in Sociologia è assai curiosa, quantunque abbastanza facile ad intendersi, ove se ne siano spiegate le cause.

Se noi ci proviamo a seguire Darwin e i primi darwinisti attraverso i fatti e le ricerche che condussero alla formulazione della legge della selezione naturale, noi vediamo come essi si preoccuparono quasi esclusivamente dei dettagli della lotta per l'esistenza, quale esistente fra individuo e individuo. E ciò derivava naturalmente dal carattere stesso degli esempi osservati, forniti dalla natura selvaggia e ribaditi dalle osservazioni sugli animali domestici e dalla pratica degli allevatori. Darwin quindi non intraprese alcuno studio sistematico della società, e appunto all'infuori della società umana la lotta, per mezzo della quale ha agito la selezione naturale, è stata essenzialmente lotta fra individui. Non vi è proprio nulla altrove nella vita, che si possa paragonare con quanto noi vediamo verificarsi nell'ambito della società umana, vale a dire il graduale integrarsi, — pur sempre sotto la possente azione della selezione naturale esercitantesi sulla persona dell'individuo, — di un processo sociale organico affermantesi nelle menti.

Le leggi di tale processo sono necessariamente affatto diverse da quelle del più semplice processo in atto più in basso nella vita; una proposizione questa che mi è sembrata tanto importante che ne ho fatto l'oggetto principale di tutto il mio studio e lo scopo delle mie ricerche per spiegare le assai più complesse leggi dell'integrazione del processo sociale.

Ora, se consideriamo in quali categorie di studiosi la Sociologia, come scienza, dovrebbe poter trovare i suoi migliori adepti, noi vediamo che in Inghilterra ai giorni nostri, esse sono essenzialmente due. Vi sono da un lato i seguaci dei principî darwiniani interessati all'applicazione loro alla società umana, e spesso dotti in uno o più rami della scienza biologica. Vi sono dall'altro gli studiosi delle scienze sociali in genere e della filosofia sociale. Quando il darwinista si appresta a studiare la società egli è, naturalmente, fermamente convinto di avere in sue mani un potentissimo strumento di sapere che lo condurrà ben lontano nell'organizzazione delle scienze sociali e verso l'unificazione dei principî fondamentali che stanno a substrato dei fatti. Ma noi presto ci accorgiamo che egli si è sempre occupato e continua ad occuparsi dei fatti e dei principî della lotta per l'esistenza fra individui, come si svolge anche altrove nella vita. Egli non può facilmente comprendere, se non si è addestrato allo studio delle scienze sociali, quanto infinitamente più complessi si sian fatti tutti i problemi della selezione naturale in quella integrazione sociale che si va verificando, o come la efficienza individuale che egli studia sia qualchecosa di affatto distinto dalla efficienza sociale; o come le istituzioni che noi vediamo evolversi nella storia, abbiano, nei loro effetti sull'individuo, leggi affatto distinte da quelle che egli applica all'allevamento degli animali; o ancora come il conflitto di tendenze che si è schiuso nella mente umana abbia una fenomenologia tutta propria, meravigliosa per estensione ed assolutamente caratteristica del processo sociale, che rimane per lui un libro chiuso, lo studio del quale egli è spesso incline a considerare affatto privo di significato.

Non vi è quindi da sorprendersi se gli studiosi competenti delle scienze sociali considerano spesso con freddezza i tentativi dei darwinisti di applicare i principî darwiniani alla Sociologia. Poichè quantunque questi competenti studiosi possano tenersi nominalmente lontani dalla Sociologia propria-

mente detta, noi dobbiamo riconoscere che sovente essi intuiscono con assai maggiore verità la reale natura del processo sociale. Essi hanno osservato lo svolgimento delle istituzioni nella storia, hanno studiato lo sviluppo delle codificazioni, l'integrarsi delle credenze; hanno lottato coi problemi capitali della filosofia.

Essi vedono come le scienze che essi studiano siano già state in grado di formulare molte grandi generalizzazioni, profondamente vere, come quella già menzionata del Green, la quale dà un' idea del grande progresso che è stato fatto. Essi hanno quindi ben poco da imparare dai darwinisti che si limitano a tentar di applicare al processo sociale le più semplici ma affatto insufficienti leggi della lotta per l' esistenza fra singoli individui come essa è in atto ovunque altrove fuori della Società.

IX.

La grande importanza nello studio della Sociologia di concretare fin dall' inizio quale sia la natura della distinzione fondamentale che si deve fare tra la efficienza individuale e la sociale nell' individuo, si impone per molti modi alla nostra attenzione. Parecchi anni or sono fu fondata in Londra la « English sociological Society » al cui Consiglio direttivo io fui chiamato a partecipare. È stato oggetto di profondo interesse per me l' osservare da quanti punti di vista la Sociologia vi fosse considerata. Una delle prime letture tenute dinanzi alla società fu quella di Francis Galton, l' egregio autore di tante originali ricerche sulle *facoltà umane,* e uno dei primi sostenitori della teoria darwiniana alla quale egli ha dato numerosi ed importanti contributi teorici e pratici. Oggetto della lettura del Galton era di spiegare quali fossero lo scopo e il fine di una nuova scienza « Eugenetica », definita come la scienza che studia tutte le influenze che migliorano le qualità innate della razza e le sviluppano per ottenerne il massimo vantaggio.

Il Galton non provò alcuna difficoltà a stabilire un tipo normale sociologico per i migliori esemplari della razza. Egli ammetteva che si potesse supporre che perfino gli animali dei Giardini Zoologici sapessero distinguere i migliori esemplari della propria specie. Riguardo alla società umana l'elenco delle qualità dovrebbe comprendere la salute, l' energia, la

destrezza, la vigoria, oltre le speciali attitudini richieste dalle varie professioni ed occupazioni. Tutto invero richiamava stranamente l'allevamento scientifico degli animali, poichè il Galton, per esempio, proponeva di lasciare fuori di questione la *morale,* come involvente troppe difficoltà senza via d'uscita. Queste erano le basi dello schema qualitativo che egli voleva assumere come punto di partenza per procedere al miglior allevamento scientifico della razza umana.

L'alto ingegno dell'autore e particolarmente la sua personalità come sostenitore dei principî darwiniani, diedero insolito interesse alla lettura, le cui notevoli linee fondamentali non possono essere passate sotto silenzio. L'esclusione, fin da principio, delle qualità morali è significante. Essa dà risalto nei termini più recisi alla grande confusione che si fa tra efficienza individuale ed efficienza sociale dell'individuo, due termini la cui differenza di valore è stata in ispecial modo rimarcata in questo articolo. Il Galton, è da notarsi, si è soltanto preoccupato di quelle qualità individuali che contribuiscono al successo del singolo individuo nella lotta per l'esistenza impegnata con i propri simili. Era infatti evidente che gli individui dotati di una elevatissima efficienza sociale, le grandi menti organiche della razza, — spesso affatto incomprese e inapprezzate dai propri contemporanei, — e le cui idee o concezioni morali od opere guidarono sovente la razza stessa da un'epoca sociale ad un'altra, dovessero essere proprio individui interamente incapaci spesse volte di raggiungere quel tipo normale di animale che il Galton aveva prestabilito.

Perfino nei pochi minori esempi di società di animali inferiori, il vero criticismo sociologico trova errato il modello dal Galton stabilito, fornito dall'« Eugenetica ». Poichè quando, per esempio, gli insetti che vivono in società iniziarono la loro integrazione sociale, tutti i loro tipi normali erano individualistici. Se essi dunque avessero intesa l'Eugenetica nel senso qui descritto, avrebbero condannato fin dal principio, il formarsi della peculiare abitudine dell'ape regina per cui ora essa dedica tutta la propria vita unicamente alla deposizione delle uova; e tanto più avrebbero condannato le abitudini dei pecchioni per le quali essi degenerarono come individui; e in modo particolare poi avrebbero condannato le abitudini delle operaie, abitudini che le ridussero allo stato attuale, con corpo non sviluppato ed incompleti istinti. Eppure

tutte queste cose hanno precisamente contribuito nel più alto grado alla efficienza sociale degli insetti viventi in società, ed hanno creato il tipo trionfante nell'evoluzione. Questo esempio serve ad affermare ancora, da un altro punto di vista, l'intima natura della distinzione che si deve fare in Sociologia fra efficienza individuale ed efficienza sociale dell'individuo. È quest'ultima che, in fondo, guida ogni moto evolutivo. Essa da un lato governa qualsiasi sviluppo individuale; dall'altro, come abbiamo veduto, è la causa dinamica che guida ogni progresso delle istituzioni sociali.

X.

Ragioni di spazio ci vietano una più ampia discussione di questa prima legge sociologica. Tratterò, nel prossimo articolo, del secondo dei due fondamentali principî della Sociologia.

BENJAMIN KIDD

LE ORIGINI DEL CELIBATO RELIGIOSO

Noi possiamo riscontrare che presso molti popoli, e pure in differenti stadî di civiltà, sussiste l'opinione comune che le persone la cui funzione è di celebrare riti religiosi o magici debbano essere celibi. I Thlinkets credono che se un augure non osservasse la più rigida castità i suoi stessi spiriti custodi lo ucciderebbero. In Patagonia agli stregoni non era permesso il matrimonio e presso alcune tribù dei Guaranies, nel Paraguay, « le femmine Payes erano tenute a mantenersi caste, altrimenti perdevano ogni loro prestigio ». Il celibato era obbligatorio per i sacerdoti in Chibchas in Bogota; ed i sacerdoti Tohil nel Guatemala erano votati a perpetua castità. Nell'Ichcatlan il capo dei sacerdoti doveva vivere costantemente entro le mura del tempio, ed astenersi dall'aver rapporti con donna alcuna, qualunque fosse; e se egli mancava a questo dovere veniva fatto a pezzi e le membra sue ancor sanguinanti eran date, terribile monito, al suo successore. Delle donne occupate nei templi dell'antico Messico si narra che la loro castità fosse assai gelosamente custodita: durante le loro cerimonie esse dovevano tenersi ad una conveniente distanza dagli assistenti, ai quali non osavano neppure rivolgere lo sguardo: la morte era la punizione inflitta a quelle che infrangevano il loro voto di castità; mentre poi, se la loro infrazione rimaneva interamente segreta, speravano di placare la collera degli dèi col digiuno e col condurre una vita austera, paventando che in punizione del loro delitto la loro carne infracidisse. Nell'Yucatan c'era, connesso col culto del Sole, un ordine di Vestali, i membri del quale, generalmente, vi entravano di volontà propria e per un certo tempo,

ma potevano poi lasciarlo e maritarsi: alcune di esse però rimanevano per sempre al servizio del tempio ed erano santificate. Il loro ufficio era di custodire il fuoco sacro e di mantenersi strettamente caste, quelle che rompevano i loro voti essendo messe a morte con le freccie.

Nel Perù c'erano similmente delle vergini che si consacravano al culto del Sole, le quali vivevano in perpetua clausura, dovevano mantenere intatta la loro verginità, e non potevano conversare od avere rapporti sessuali con uomo alcuno, e nemmeno vedere uomini e persino altre donne, salvo che non fossero delle loro; ed oltre queste vergini che così professavano la castità perpetua nei monasteri, vi erano altre donne, di sangue reale, che conducevano la stessa vita nelle loro case avendo fatto simile voto di castità: « esse erano grandemente venerate per la loro purità e in segno di reverenza e rispetto erano chiamate *Oello,* nome tenuto per sacro secondo la loro fede »: ma se esse perdevano la loro purezza venivano bruciate vive o gettate nella fossa dei leoni.

Presso i Guanches delle isole Canarie vi erano delle vergini chiamate Magades o Harimagades che presiedevano al culto sotto la direzione di un sommo sacerdote, e vi erano altre vergini, altamente rispettate, la cui funzione era di versare l'acqua sul capo dei neonati, e che potevano abbandonare il loro officio e maritarsi quando a loro piacesse. Alle sacerdotesse di alcuni popoli della costa orientale dell'Affrica è vietato di contrarre matrimonio. In un bosco presso il capo Padron, nella Guinea meridionale, vive un gran sacerdote che non può nè abbandonare la sua casa nè toccare donna alcuna.

Nell'Antica Persia vi erano delle sacerdotesse del Sole che avevano obbligo di astenersi da qualsiasi rapporto con uomini. Le nove sacerdotesse dell'oracolo di una divinità Gallica, in Sena, erano consacrate a perpetua verginità. Anche i Romani avevano le loro vergini Vestali, il cui ordine, secondo la tradizione, fu istituito da Numa. Esse erano tenute a rimanere nubili per trent'anni, durante i quali si occupavano di offrire sacrifici e di compiere altri riti ordinati dalle leggi; e se esse si lasciavano sedurre erano condannate ad una morte atroce, rinchiuse in una cella sotterranea, in acconciamento funereo, senza i soliti riti ed onori funebri, senza che una colonna sepolcrale le ricordasse. Trascorso il termine dei trent'anni esse potevano però contrarre matrimonio lasciando le

insegne del sacerdozio. Ma pare che ben poche vi rinunciassero, poichè quelle che lo facevano andavano incontro a calamità che erano ritenute di cattivo augurio dalle altre e le inducevano a rimanere vergini nel tempio della dea fino alla morte. Non infrequentemente in Grecia le sacerdotesse avevano l'obligo della castità, se non per tutta la loro vita, certamente almeno per la durata del loro sacerdozio. Tertulliano scrive: — « Al culto di Giunone Achea in Aegium, è dedicata una vergine; e le sacerdotesse che delirano in Delfo non conoscono matrimonio. — Noi sappiamo che delle vedove officiano a Cerere Affricana: queste sacerdotesse, quando i loro mariti sono ancora viventi, non solo li abbandonano, ma anche presentano altre mogli ad essi, nella loro propria stanza; ogni contatto con uomini, persino il bacio dei figli, essendo loro interdetto.... Abbiamo anche notizie di uomini continenti, e fra gli altri i sacerdoti del famoso bove egizio ». E c'erano poi sacerdoti eunuchi che attendevano al culto di Artemide d'Efeso, di Cibele Frigia, e del Siriaco Astarte.

Presso i Todas delle colline di Neilgherry il « dairyman », o sacerdote, è costretto ad osservare il celibato; e fra gli Hindus, nonostante il grande onore in cui è tenuto il matrimonio, il celibato ha sempre imposto rispetto. Quelli fra i Sannyâsis che sono conosciuti per condurre vita in perfetto celibato, ricevono per questo riguardo attestazioni di speciale onore e di reverenza. Già la veneranda istituzione indiana dei quattro Asramas contiene il germe del celibato monastico, inquantochè il Brahmacarin, o allievo, era costretto ad osservare una rigida castità durante l'intiero corso dei suoi studi; idea che fu poi ulteriormente sviluppata nel Giainismo e nel Buddismo. Il monaco giaino doveva rinunciare a qualsiasi piacere sessuale « tanto con gli dei, che con gli uomini o con gli animali »; non abbandonarsi alla sensualità, non discutere argomenti riguardanti le donne; non contemplare le forme della donna. Il Buddismo considera la sensualità come affatto incompatibile con la saggezza e con la santità; è scritto che « un uomo saggio dovrebbe evitare la vita coniugale come si evita una fossa ardente di carboni accesi ». Secondo la leggenda la madre di Buddha fu la migliore e la più pura delle donne, non ebbe altri figli, e la sua concezione fu dovuta a cause soprannaturali. Uno dei doveri fondamentali della vita monastica, violando il quale il colpevole viene inesorabilmente

espulso dall'ordine di Buddha, è che « un monaco che di esso faccia parte deve astenersi dall'avere rapporti sessuali d'ogni genere foss'anche con animali ». Nel Tibet a parecchie sette di Lama è permesso il matrimonio, ma quei monaci che non si ammogliano sono considerati più pii; e quanto alle monache, a qualunque setta appartengano, devono far voto di continenza assoluta. I preti buddisti di Ceylon sono totalmente segregati dalle donne; e la legge cinese impone il celibato a tutti i sacerdoti, siano essi taoisti o buddisti; e infine fra gli immortali del Taoismo si incontrano pure parecchie donne che condussero vita straordinariamente ascetica.

Una limitata classe di Ebrei considerava lo stato matrimoniale come impuro. « Gli Esseni » dice Giuseppe, « respingono il piacere come un male, stimano la continenza, e ritengono alta virtù il saper dominare i proprî sensi. Non si curano di matrimonio ». Se questa dottrina non esercitò alcuna influenza sul Giudaismo probabilmente invece ne esercitò molta sul Cristianesimo. S. Paolo considerava preferibile il celibato al matrimonio: « Chi marita la figlia fa bene, ma chi non le dà marito fa meglio »: « Sarebbe bene per l'uomo non toccare donna. Pur tuttavia, per evitare la dissolutezza, abbia ogni uomo la propria moglie, ed abbia ogni donna il proprio marito ». Se i celibi e le vedove non possono adattarsi alla continenza, che si sposino; « è sempre meglio sposarsi che andare all'inferno ». Questi ed altri passaggi del Nuovo Testamento spirano dunque un generale entusiasmo per lo stato verginale. Commentando le parole dell'Apostolo, Tertulliano fa notare che non è necessariamente bene tutto ciò che è meglio. È meglio perdere un occhio che due, ma è bene non perdere nè l'uno nè l'altro. Così quantunque sia meglio sposarsi che andare all'inferno, è ancora meglio nè sposarsi nè andare all'inferno. Il matrimonio « consiste in ciò, che esso è l'essenza del fornicare »; mentre la continenza « è un mezzo per operare santamente ». La spoglia mortale di Cristo nella quale egli sopportò le lotte della vita sulla terra nacque da una santa vergine, e Giovanni Battista e Paolo e gli altri « i cui nomi sono scritti nel libro della vita » tenevano in onore ed amavano lo stato di verginità. La verginità produce miracoli: Maria, la sorella di Mosè, conducendo l'esercito di donne passò a piedi attraverso le distese del mare, e Tecla ebbe reverenti perfino i leoni, tanto che le affamate belve si

sdraiarono ai piedi di quella che doveva essere la loro preda e si sottomisero ad un digiuno santo, senza menomamente fare alcun male alla vergine con gli acuti artigli e senza nemmeno atterrirla con lo sguardo. La verginità è come un fiore di primavera dolcemente esalante l'immortalità dai suoi petali candidi. Il Signore stesso apre il regno dei cieli agli eunuchi. Se Adamo avesse osservato obbedienza al Creatore, sarebbe vissuto per sempre in uno stato di vergine purezza, e solo una vegetazione di piante ed erbe non nocive avrebbe abbellito un paradiso unicamente popolato da esseri innocenti ed immortali. Vero è però che, quantunque la verginità sia la via più breve per giungere a Dio, anche la via del matrimonio vi conduce, sebbene per più lungo giro. Tertulliano stesso combattè i Marcioniti che proibivano il matrimonio nella loro tribù, e costringevano coloro che già fossero ammogliati a separarsi prima di essere ricevuti col battesimo nella comunità. E nella prima metà del quarto secolo il Concilio di Gangra condannò esplicitamente l'opinione che il matrimonio impedisse ad un buon cristiano di meritare il regno dei Cieli. Ma alla fine dello stesso secolo un altro Concilio scomunicò il monaco Gioviniano perchè negava che la verginità fosse più meritoria del matrimonio. Esso era invero permesso all'uomo soltanto come un espediente necessario alla conservazione della specie umana, e come un freno, quantunque imperfetto, alla naturale licenziosità del desiderio. La procreazione dà la misura dell'abbandono del cristiano al dominio del senso; similmente l'agricoltore che getta la semente sulla terra, attende il raccolto, senza più seminare su di essa.

Queste opinioni condussero gradualmente al celibato obbligatorio del clero regolare e secolare. La convinzione che un secondo matrimonio di un prete, oppure il matrimonio di un prete con una vedova fossero illegali, pare sia esistita fin dai primordi della Chiesa: e fin dal principio del quarto secolo un Sinodo tenuto ad Elvira, in Ispagna, insistette sulla necessità di un'assoluta continenza da parte degli ecclesiastici di più alto grado. Ma il celibato poi del clero come norma generale fu prescritto da Gregorio VII il quale « vedeva con orrore contaminato dai rapporti sessuali il santo carattere dei sacerdoti, avessero questi anche appartenuto agli infimi gradi della gerarchia ». Ma in molti paesi a questa prescrizione si

oppose una sì ostinata resistenza, ch'essa non vi potè essere applicata se non nel tredicesimo secolo.

Varie sono le fonti della pratica del celibato religioso, alle quali noi possiamo risalire. In parecchi casi la sacerdotessa è considerata come sposa del Dio che essa serve, ed è per questo che le è vietato di maritarsi. Nell'antico Perù il Sole era ritenuto marito delle fanciulle che si dedicavano al suo culto: ed esse dovevano essere dello stesso sangue del loro consorte, vale a dire, figlie degli Incas. « Poichè quantunque fosse credenza che il Sole avesse figli, si pensava che non dovessero essere bastardi, di sangue misto divino ed umano. Così le vergini dovevano essere necessariamente prole legittima di sangue reale che era lo stesso scorrente nelle vene del dio Sole »; e la violenza alle vergini dedicate al culto del Sole era delitto parimenti grave e punito della violenza che si facesse alle donne degli Incas.

Parlando delle sacerdotesse di alcuni popoli della Costa d'Oro, il maggiore Ellis osserva che la ragione della loro comune condizione di nubili sembra essere questa, che cioè « una sacerdotessa appartiene al dio che adora e quindi non può divenire proprietà di un uomo, come sarebbe il caso se ella si maritasse ». Così altri popoli della Costa degli Schiavi considerano le donne dedicate ad un dio, come sue mogli. Si narra che nel grande tempio di Giove Belo una sola donna dormisse, prescelta dal dio stesso fra tutte quelle della contrada, ed era credenza che egli discendesse in persona a dormire accanto a lei. « Questa storia » commenta Erodoto, « assomiglia a quella raccontata dagli Egizi di quanto accade nella loro città di Tebe, dove una donna passa sempre le notti nel tempio del Giove Tebano. In entrambi i casi è interdetto alla donna, qualsiasi rapporto cogli uomini ». Nei testi Egizi si ritrovano frequenti i riferimenti ad una « consorte divina » *neter hemt,* onore generalmente assunto dalla regina regnante; ed il re stesso era considerato progenie divina. Secondo quanto afferma Plutarco gli Egizi credevano alla possibilità per una donna di concepire per opera di qualche spirito divino, quantunque al contrario negassero che un uomo potesse avere rapporti con una dea. Nè il concetto di una possibile relazione nuziale fra una donna e la divinità fu estraneo ai primi cristiani. S. Cipriano parla di donne che non avevano altro marito e signore che Cristo, col quale esse vivevano in matrimonio spirituale; che

si erano « dedicate a Cristo » e che « abborrendo ogni lussuria, si erano votate corpo ed anima a Dio »: e nelle parole seguenti egli condanna la coabitazione di queste vergini con ecclesiastici celibi: — « Se un marito trova sua moglie giacere con un altro uomo non sarà egli colto da indignazione e da furia, non brandirà egli forse la spada spinto alla violenza dalla gelosia? E che? Quanto indignato e furente non deve dunque essere Cristo, nostro Signore e Giudice, quando Egli veda una vergine votata a Lui stesso, giacere con un uomo? E quale punizione non deve Egli minacciare per tali impuri contatti?..... Colei invero che si è resa colpevole di un simile delitto è un'adultera verso Cristo ». Secondo il Vangelo del pseudo-Matteo, Maria si era così votata come Vergine a Dio. L'idea che la divinità sia gelosa della castità dei suoi fedeli, può fors'anche ritrovarsi come substrato dell'usanza greca per cui all'*Ierofante,* ed agli altri sacerdoti di Demetrio, era interdetto ogni rapporto coniugale, e d'obbligo di lavarsi il corpo con una essenza di cicuta al fine di mortificare le loro passioni, — come pure della norma per cui i sacerdoti di certe dee dovevano essere eunuchi.

Il celibato religioso va inoltre connesso con l'opinione che i rapporti sessuali siano contaminatori. In Efate, nelle nuove Ebridi essi sono reputati come qualche cosa di impuro. I Taitiani credevano che astenendosi da qualsiasi relazione sessuale con le donne per qualche mese prima di morire, si passasse immediatamente alla eterna dimora senza che fosse necessaria alcuna purificazione. Erodoto scrive: — « Ogni qual volta un Babilonese ha avuto rapporti con sua moglie egli si siede dinanzi ad un braciere dove brucia dell'incenso, e la donna siede di fronte. All'alba essi fanno delle abluzioni: poichè finchè essi non si siano purificati col bagno non possono toccare alcuna loro stoviglia; e questa pratica è pure osservata dagli Arabi ». Fra gli Ebrei tanto l'uomo che la donna dovevano bagnarsi nell'acqua, e si consideravano « impuri fino alla sera ».

L'idea che il rapporto sessuale sia impuro implica che vi sia un pericolo soprannaturale in relazione con esso e, come ha notato il Crawley, la nozione di *pericolo* può svilupparsi in quella di *peccato.* La donna è spesso ritenuta un essere impuro e in questo caso è ovvio che i rapporti con essa siano considerati contaminatori: ma questa non è spiegazione suffi

ciente dell'idea dell'impurità dell'atto sessuale. Il carattere di contaminatore gli è piuttosto ascritto, ad ogni buon scarico, senza dubbio a cagione della misteriosa propensione a commetterlo e del velo di mistero che circonda l'intera natura sessuale dell'uomo.

L'idea della contaminazione sessuale è particolarmente radicata in rapporto ai doveri religiosi. Si trova come regola comune che chi celebra un atto sacro, o entra in luogo santo, debba essere puro per la cerimonia, e nessuna specie di impurità si deve evitare più accuratamente della polluzione sessuale. Fra i Chippewyans, « se un Capo vuol conoscere le disposizioni del suo popolo verso di lui, fa annunciare la sua intenzione di aprire la sua « valigia delle medicine » e di fumare nella sua sacra pipa di canna.... Nessuno può esimersi dall'intervenire, in simili occasioni; ma una persona, pur intervenendo, può essere esentata dal prestar assistenza alla cerimonia con la scusa di non aver sottostato alla necessaria purificazione: ora il fatto di aver avuto rapporti, con la propria moglie, o con qualsiasi altra donna, nelle ventiquattro ore precedenti la cerimonia, lo rende impuro e conseguentemente egli viene dispensato dal rappresentarvi una parte qualsiasi ». Erodoto ci racconta che gli Egizî, come i Greci, « ritennero inderogabile principio religioso il non avere alcuna famigliarità con donne nei luoghi sacri e il non entrarvi, dopo aver avuto tali rapporti, senza preventivamente aver fatto delle abluzioni purificatrici »; e questa asserzione ci è confermata da un passo del Libro dei Morti. In Grecia ed in India chi voleva prender parte a certe feste religiose doveva per qualche tempo preventivamente mantenersi puro ed ogni atto di culto era preceduto da abluzioni. Prima di entrare nel santuario di *Men Tyrannos*, il cui culto era professato in tutta quanta l'Asia Minore, i fedeli dovevano astenersi dal mangiare aglio e carne di porco e dall'avere rapporti con donne, ed era obbligo fare abluzioni al capo. Le leggi di purificazione costituiscono l'argomento della maggior parte del Vendidad, e riguardano non soltanto gli atti di culto, ma la vita di ogni giorno. Fra gli Ebrei era un dovere che non ammetteva eccezione l'essere mondi prima di entrare in un tempio, — mondi da impurità sessuale e da lebbra, dall'aver toccato cadaveri, o carogne d'animali non permessi come cibo, o di quelli permessi ma che fossero morti di morte naturale

o fossero stati uccisi da belve; ed il mangiare il pane consacrato era interdetto alle persone che non si fossero preventivamente serbate continenti per un certo tempo. Secondo l'Islam ogni fedele deve essere pulito, come pure la stuoia, il tappeto o qualsiasi altra cosa sulla quale egli si prostri a pregare. Un maomettano si leverebbe qualsiasi indumento, se fosse contaminato, prima d'incominciare la sua preghiera, oppure si asterrebbe addirittura dal pregare; non oserebbe avvicinarsi ad un luogo santo in uno stato di impurità sessuale, ed infatti ogni rapporto sessuale è interdetto ai fedeli che vanno in pellegrinaggio alla Mecca.

I Cristiani ingiungevano la più stretta continenza come preparazione al battesimo ed all'eucaristia; e inoltre prescrivevano che nessuna persona coniugata potesse partecipare a qualsiasi delle grandi feste della Chiesa, se la notte antecedente avesse giaciuto col coniuge; e nella Visione di Alberico, che data dal XII secolo, è detto che nell'inferno vi è un luogo di speciale tortura, un lago di piombo fuso mescolato con pece e con resina, a punizione dei coniugati che abbiano avuto rapporti sessuali la domenica, e nei giorni di festa per la Chiesa e di digiuno. Gli stessi coniugati non toccavano il letto nuziale anche tutte le altre volte che volevano spontaneamente disporsi alla preghiera, e gli sposi novelli erano ammoniti di praticare la continenza durante il giorno delle nozze e nella notte seguente, in segno di reverenza pel sacramento compiuto; anzi in parecchi casi la loro astinenza durava persino tre o quattro giorni.

La santità è ritenuta una qualità tanto delicata da essere facilmente distrutta se alcunchè di impuro viene a contatto con la persona o con l'oggetto santi. I Mori credono che se alcuno sessualmente impuro entra in un granaio il grano perde la sua *barakà,* cioè la santità sua. Ed un'analoga idea costituisce il substrato della credenza, che troviamo presso molti popoli, che l'incontinenza, e specialmente l'amore illecito, danneggino i raccolti. In Efate il *namin* ossia l'impurità, in cui si incorreva per molti modi, era specialmente evitata dai sacerdoti, perchè si credeva essa dovesse distruggere il loro carattere sacro.

Il *tabù* del quale il Frazer ha dato un'esauriente descrizione nella « Fronda d'oro », ha indubbiamente una origine simile. Anzi sembra che la impurità non soltanto privi la

persona santa della sua santità, ma è anche supposizione che l'offenda in modo più positivo. Quando, una volta, il supremo pontefice nel regno del Congo lasciò la sua residenza per visitare altri luoghi entro la sua giurisdizione, tutte le persone coniugate dovettero osservare la più stretta continenza per tutto il tempo in cui egli rimase in giro e si credeva che qualsiasi infrazione sarebbe stata fatale per lui. In propria difesa perciò dèi e santi cercano di evitare che individui contaminati si avvicinino a loro, e naturalmente i seguaci fanno il possibile per imitarli. Ma inoltre, indipendentemente dal risentimento che l'essere sacro proverebbe contro il contaminatore appare che la santità si suppone reagire quasi automaticamente, si direbbe, contro l'impurità e tendere alla distruzione o al castigo dell'individuo contaminato. Tutti i Mori sono convinti che chiunque osasse visitare la tomba di un santo in uno stato di impurità sessuale, sarebbe subito colpito dalla sua vendetta, e gli Arabi di Dukkala, nel Sud del Marocco, credono anche che se una persona impura va a cavallo qualche accidente lo coglierà, per quella *barakà* o santità che si attribuisce al corsiero.

Si deve inoltre notare che a causa dei perniciosi effetti della impurità sulla santità un atto generalmente ritenuto sacro, mancherebbe, se celebrato da un individuo impuro, di ogni sua efficacia. Maometto rappresentava la purezza del cerimoniale come una metà della fede e la chiave della preghiera. Il filosofo siriaco Giamblico ci parla della credenza che « gli dei non ascoltino l'invocazione di chi è impuro per contatti con donne ». Ed una credenza simile si ritrova presso i primi Cristiani, secondo un passo della prima Epistola dei Corinziani. Tertulliano osserva che l'Apostolo aggiunse la raccomandazione di una temporanea astinenza per accrescere efficacia alle preghiere. Allo stesso ordine di idee appartiene la credenza che la vittima da sacrificare debba essere pura e senza macchia; così i Chibcas di Bogota ritenevano che il più prezioso sacrificio che essi potessero offrire fosse quello di un giovane che non avesse mai avuto rapporti con donna alcuna.

Se la purità di chi compie atti rituali è richiesta perfino nei fedeli comuni, è tanto più indispensabile trattandosi di un sacerdote. I sacerdoti shintoisti giapponesi prima di fare le offerte sacre o di cantare le strofe liturgiche, si bagnavano ed indossavano nuove vesti pulite e solevano anche tenere

sulla bocca un foglio di carta per evitare che il loro fiato contaminasse le offerte. I santoni della Siberia fanno abluzioni obbligatorie una volta all'anno e talora perfino una volta ogni mese e sempre del resto quando si ritengono corrotti dal contatto con cose impure. Erodoto ci narra della purità osservata dai sacerdoti Egizî quando dovevano celebrare agli dei; la impurità sessuale in particolar modo doveva essere evitata. Qualche volta l'ammissione al sacerdozio è preceduta da un periodo di continenza. Nelle isole Marchesi nessuno poteva farsi sacerdote senza aver prima vissuto per parecchi anni in castità. Presso i popoli che parlano lo Tshi (Costa d'oro), uomini e donne per divenire membri del clero dovevano sottostare ad un lungo noviziato, generalmente di due o tre anni durante i quali essi vivevano preclusi dal mondo, ed erano istruiti dai sacerdoti ai segreti della fede: ed il popolo « credeva che durante questo periodo di segregazione e di studio i novizi dovessero mantenere i loro corpi puri ed astenersi da qualsiasi rapporto con persone d'altro sesso ». Gli *Huichols* del Messico ancora ritengono che un uomo che voglia diventare un santone debba essere fedele a sua moglie per cinque anni e che, se egli manca al patto, cadrà sicuramente ammalato e perderà il potere di risanare le piaghe.

Nell'antico Messico i sacerdoti, per tutto il tempo in cui erano al servizio del tempio, si astenevano dall'aver rapporti con donna alcuna che non fosse la propria moglie « ed ostentavano talmente la modestia e la riservatezza che, incontrando una donna abbassavano gli sguardi a terra per non vederla. Qualsiasi incontinenza fra i preti era severamente punita. Così il sacerdote, a Teohuacan, reo di impurità, era consegnato dai suoi compagni stessi al popolo e massacrato di notte col sistema del *bastinado* ». Fra i Kotas di Neilgherry Hills i sacerdoti, i quali contrariamente ai « dairymen » dei loro vicini Toda non sono celibi, non possono però durante le grandi feste in onore di Kamataraya aver rapporti di qualsiasi genere con le loro mogli e sono quindi perfino costretti a cuocere da sè stessi i loro alimenti. Sembra che, secondo la religione degli Anatoli, gli *hieroi* ammogliati avessero obbligo di separarsi dalle loro mogli durante il periodo in cui dovevano officiare nel tempio. Il prete ebreo doveva evitare qualsiasi forma di libertinaggio: egli non poteva sposare nè una prostituta, nè

un'infedele, nè una divorziata, ed al gran sacerdote era anche vietato di sposare una vedova. Anzi anche nelle figlie del prete era severissimamente punita ogni infrazione alla castità, poichè si pensava che, se invereconde, profanassero il padre; e le figlie colpevoli erano condannate al rogo.

Così, ulteriormente sviluppata, l'idea che costituisce il substrato di tutte queste regole e di tutte queste pratiche condusse alla nozione che il celibato è meglio accetto a Dio che non il matrimonio e che esso è un vero e proprio dovere religioso per quei membri della comunità che hanno lo speciale ufficio di celebrare il culto. Per un popolo come l'ebreo la cui ambizione era di affermarsi e di crescere, il celibato non potè mai costituire un ideale; ma per i cristiani che professavano la più completa indifferenza per tutte le cose terrene, non vi fu alcuna difficoltà a glorificare uno stato che, quantunque opposto agli interessi della razza e del popolo, rendeva gli uomini tanto meritevoli di avvicinare il proprio Dio. E invero, lungi dall'essere stato un bene per il regno di Dio con la moltiplicazione dei fedeli, il rapporto sessuale era stato al contrario di detrimento ad esso, poichè era stato il grande trasmettitore del peccato dei nostri progenitori. Quest'argomento pertanto ha un'origine molto tarda. Pelagio stesso quasi rivaleggiò con Sant'Agostino nelle sue lodi della castità che egli considerava come la più grande testimonianza di quella forza di libera volontà che asseriva non essere stata che menomata dal peccato di Adamo. Il celibato religioso è dunque prescritto o comandato sia come un mezzo di automortificazione che si suppone abbia la virtù di placare un Dio irato, sia con l'intento di rialzare la natura spirituale dell'uomo combattendo uno dei più forti fra gli istinti. Così noi troviamo in varie religioni il celibato a lato di altre pratiche ascetiche professate con intendimenti analoghi. Fra i primi cristiani, le giovani che facevano voto di castità « non consideravano per nulla la verginità se questa non era accompagnata dalla mortificazione della carne, dal silenzio, dalla segregazione, dalla povertà, dal lavoro, dal digiuno, dalla veglia, e da continua preghiera. Non erano ritenute vergini quelle che non avessero rinunciato a qualsiasi distrazione terrena, anche la più innocente ». Tertulliano cita la verginità, la vedovanza, o la continenza nel segreto del letto coniugale fra le offerte meglio accette a Dio al quale la carne

rappresenta le sue stesse sofferenze. Finalmente si argomentò che il matrimonio fosse di ostacolo al servir Dio con perfezione di intenti perchè induceva il suo ministro ad occuparsi troppo delle cose terrene. Quantunque non contrario alla carità e all'amore di Dio, dice San Tommaso d'Aquino, esso è loro indubbiamente di ostacolo. E questa fu un'altra causa, sebbene certamente non la sola, del celibato obbligatorio imposto dalla Chiesa Cristiana al suo clero.

EDWARD WESTERMARCK
Professore all' Università di Londra e di Helsingfors (Finlandia).

LA RÉFORME DE L'ENSEIGNEMENT

DES

MATHÉMATIQUES ÉLÉMENTAIRES

Au cours des dix dernières années on a fait de grands efforts en plusieurs pays dans le but de réformer l'enseignement des mathématiques élémentaires et surtout celui de la géométrie. Ces efforts sont provoqués en partie par des motifs pratiques, en partie par des motifs purement pédagogiques. Le but principal de l'enseignement des mathématiques à l'école était autrefois le développement des facultés logiques: partout on s'attachait surtout à la forme déductive de cet enseignement, plutôt qu'au contenu des théoremes; mais de nos jours c'est de plus en plus l'application pratique des mathématiques qui acquiert la prépondérance. L'école supérieure est fréquentée par un nombre d'élèves toujours croissant qui se donneront plus tard à des professions techniques pour lesquelles les mathématiques sont un facteur indispensable. C'est pourquoi l'enseigneiment doit être disposé de manière à donner des notions pratiques; il faut que non seulement l'élève ait une conception claire des théories mathématiques, mais encore qu'il les sache appliquer en de domaines concrets.

Au point de vue purement pédagogique la question est toujours celle-ci: par quelles voies arrive-t-on le plus sûrement au but que l'on se propose par l'enseignement? Les reformateurs se reclament des buts pratiques pour critiquer l'enseignement traditionnel; on s'efforce de développer les facultés logiques à l'aide du formalisme, mais il est douteux si cet effet pourra être obtenu losqu'on vide les mathémati-

ques de leur contenu, et, en négligeant les applications pratiques capables d'éveiller l'intérêt de l'élève on lui apprend seulement à déduire une quantité de théorèmes étranges d'un néant apparent. L'élève ne peut rien objecter aux raisonnements du professeur, et partant il est forcé à admettre la justesse des théorèmes sans en concevoir la véritable signification.

L'étude des cours élémentaires des différents pays ne donne pas une idée complète de l'enseignement des mathématiques, on pourra seulement se faire une idée du procédé principal appliqué. Aussi il n'est pas aisé déterminer d'après les points de vue exposés ci-dessus, quels sont les pays qui se sont trouvés dans une situation plus difficile, soit d'un côté ceux qui ont conservé en quelque façon le système d'Euclide, soit de l'autre côté ceux qui ont laissé tomber les postulats et les axiomes et ont préféré édifier la géométrie dans le bleu. Mais s'il faut en croire le proverbe: « Chacun sait où le bât le blesse », les inconvenients du système traditionnel doivent avoir été plus sensibles en Angleterre, car ce pays est le foyer du mouvement réformatoire, et c'est d'ici qu'on a porté les attaques les plus vigoureuses à l'enseignement euclidien.

C'est l'ingénieur J. Perry qui a entamé la discussion en Angleterre. On doit étudier ses différents écrits polémiques [1] pour se rendre compte de la chaleur et de l'énergie avec lesquelles il réduit à rien la valeur pédagogique de la Géometrie d'Euclide pour exposer enfin ses propres idées, et on verra en même temps qu'il a réussi par son travail à ce que bon nombre de juges particulièrement compétents se ralliassent à ses vues (British Association). Une série assez importante de cours élémentaires basés sur les principes de Perry ont maintenant paru; les catalogues des librairies anglaises abondent de « Practical Mathematics » auxquels Perry lui-même a fourni la base dans ses cours pour les ouvriers [2]. Il vaut bien la peine de faire la connaissance de

[1] J. Perry - *Englands neglect of Science* — British Association. Meeting at Glasgow 1901. Discussion on the teaching of Mathematics. Ed. by J. Perry. London 1901.

[2] J. Perry - *Practical Mathematics.* Lessons delivered to working men. London.

ces cours élémentaires, et de reconnaître comme les Anglais savent très bien disposer une méthode d'enseignement pour servir de guide au professeur.

Voici les traits principaux dans le programme de Perry: l'enseignement de la géométrie doit commercer par des expériences et des mesurages, par lesquels les élèves acquièrent en géométrie les mêmes connaissances que donnent les expériences en physique. Cependant même dans la première phase de l'enseignement il faut donner aux élèves quelques idées au sujet de la déduction. Le mesurage est continué pendant tout l'enseignement de la géométrie, en partie par l'application du papier quadrillé; ainsi la géométrie se joint bientôt à l'arithmétique. La géométrie pure n'existe pas chez Perry. D'ailleurs l'exposition graphique est employée sur une grande échelle dans l'arithmétique et l'algèbre, et par ce procédé on introduit la notion de fonction. On arrive ainsi à une fusion parfaite des disciplines mathématiques.

Les adversaires de la réforme objecteront peut-être à la méthode que nous venons d'exposer que par cette voie les mathématiques perdent leur valeur en tant que facteur d'éducation intellectuelle, que la réflexion ne sera plus exercée comme par Euclide. Perry et ses partisans peuvent faire valoir contre cette objection que pour développer la faculté de penser, ils employent les mêmes moyens que la vie; ils développent le bon sens, mais il évitent toutes méthodes scolastiques.

La fusion de l'arithmétique et de la géométrie, et surtout l'introduction par cette méthode de l'idée générale ont trouvé en Allemagne un apôtre énergique en Felix Klein (Goettingue). Dans le semestre d'hiver 1904-05 Klein a fait un cours sur l'enseignement des mathématiques, dont la publication vient d'être commencée [1]. Outre un exposé de ses propres projets de réforme, Klein a donné dans cette œuvre une description des différentes circonstances qui s'y rattachent par rapport à l'Allemagne et à d'autres pays, bref un excellent aperçu des questions concernant l'enseignement des mathématiques. Dans les écoles allemandes on donne un enseignement préliminaire de Geometrie par un cours propédeutique où l'on attache

[1] KLEIN u. SCHIMMACH - *Der mathematische Unterricht an den höheren Schulen.* I. Leipzig 1907.

une importance particulière au développement de l'intuition. J'estime cependant que les cours anglais « Practical Mathematics » donnent aux élèves une experience géométrique plus large. Voilà pourquoi Klein fait surtout ressortir la nécessité des mesurages directs au grand air, en insistant d'ailleurs sur une fusion compléte de la géométrie et de l'arithmétique.

L'Allemagne peut trouver un modèle à sa réforme non seulement en Angleterre, mais encore en France, où les nouveaux « Plans d'études de 1902 » ont déjà réformé considérablement l'enseignement des mathématiques. On peut s'en faire une idée le mieux en étudiant les nouveaux livres [1], où la notion de fonction est introduite dès le début. Mais aussi pour la géométrie, le mouvement de réforme est en bonne voie, voir p. ex. l'enquête à laquelle la nouvelle publication *Revue de l'enseignement des sciences* vient d'inviter dans son premier numéro. En parcourant la géométrie de Borel [2] il en ressort que ses efforts portent dans une direction que ceux de Perry. Il est vrai que Borel aussi veut abandonner l'enseignement traditionnel, mais il me semble qu'il attache une moindre importance au mesurage direct, c.à.d. à la géométrie expérimentale, en visant surtout à la simplification des preuves géométriques par un usage étendu du mouvement. Ce n'est pas seulement pour vérifier l'égalité des figures que Borel a recours à leurs mouvements; les translations et les rotations sont employés comme de moyens de demonstration à la base de son système; elles jouent un rôle fondamental parce que certaines propriétés qui se rattachent à ces opérations sont conçues comme évidentes, ce qui permet de simplifier les démonstrations traditionnelles. Selon moi cette réforme présente une tendance moins heureuse, parce qu'elle ne fournit pas aux élèves, ni une expérience positive, ni un exposé logique de la vérité des théorèmes. Voilà me semble-t-il le noeud de la question. Il importe que pendant l'enseignement les élèves comprennent s'ils ont à faire à un fait expérimental ou à une déduction logique. La pratique a prouvé qu'un mélange obscur de raisonnements et de phénomènes évidents

[1] p. ex EMILE BOREL - *Algèbre.* Premier et second cycle. Paris. 1903.

[2] EMILE BOREL - *Géométrie.* Premier et second cycle. Paris 1905 — Voir aussi: A. GRÉVY - *Géométrie theorique et pratique.* 3 éd. Paris. 1907.

amène la confusion, et on court le risque de porter atteinte au moral de l'enseignement, dans le sens que M. J. Tannery donne à ce terme dans son excellent article paru dans le numéro 1 de la « Rivista di Scienza » [1]. Contrairement à Perry et à Klein, Borel tient jusqu'à un certain point à la géométrie pure, et sous ce rapport je suis d'accord avec lui.

Tandis qu'en Angleterre, en Allemagne et en France le mouvement tend à renoncer à la stricte exactitude mathématique afin de s'assurer une intelligence pratique des élèves et à leur apprendre, dans l'école même, les élèments du calcul différentiel et intégral, d'autres efforts se sont fait valoir en Italie. Le fond principal de l'enseignement des mathématiques dans le lycée italien est un cours de géométrie élémentaire élaboré avec beaucoup de soin; selon les plans d'étude les cours doivent suivre Euclide, sinon dans le texte, au moins en ce qui concerne l'exactitude du système déductif [2]. Quand on assiste à une leçon de géométrie dans un lycée italien on entend des explications faites dans une langue pour ainsi dire classique, où tous les mots portent pièce, où chaque détail est démontré, et l'existence de chaque point construit est demontrée en s'appuyant sur les suppositions faites.

Cependant comme on le sait, bon nombre de géomètres italiens ont fait de recherches approfondies sur les fondaments de la géométrie et en partant des résultats acquis ils ont cru devoir renouveler l'enseignement élémentaire. C'est dans cet esprit que Veronese, Ingrami, Enriques et Amaldi ont publié leurs « Elementi di geometria ». Ces œuvres sont d'une grande valeur toutes les trois, bien qu'elles ne s'adaptent pas également bien à l'enseignement. J'accorde la préférence aux « Elementi » d'Enriques et Amaldi parce que ce livre joint à l'exactitude de l'exposé une habileté pédagogique peu ordinaire. Il me semble ainsi que parmi les géométries élémentaires, celle-ci est une des plus remarquables.

Malgré ces efforts qui ne manqueront pas de laisser leurs traces d'une manière directe ou indirecte dans l'enseignement en Italie et en d'autres pays, il paraît que le mouvement opposé, que j'ai expliqué ci-dessus, commence à mettre en

[1] J. TANNERY - *Questions pédagogiques. L'enseignement secondaire.*

[2] *Elementi di Geometria* de SANNIA e D'OVIDIO, de FAIFOFER et de DE PAOLIS.

mouvement les esprits italiens, et sans doute il y fera naître aussi une réforme des études.

La difficulté sera ici comme partout de décider jusqu'à quel point il faut conserver les anciens théorèmes et méthodes, et jusqu'à quel point il faut les abandonner. Pour juger cette question il faudra bien se rendre compte de ce qu'il y a d'essentiel dans les différentes méthodes, anciennes et nouvelles, et des avantages qu'elles offrent aux élèves [1]. C'est justement par un examen comparatif des principes qui inspirent les différénts systèmes pédagogiques que l'auteur de ces lignes a été amené à un systeme en quelque sorte moyen, qu'il a développé en un traité de Géométrie élémentaire [2].

Des mesures et des expériences fournissent les propositions fondamentales de la Géométrie, qui se présentent ainsi, non pas comme de postulats qu'on demande d'accorder, mais comme de propositions expérimentales. Mais les théorèmes postérieurs aussi font l'objet d'une recherche expérimentale avant qu'on procède à leur démostration mathématique. En joignant ainsi les deux méthodes, il devient possible par l'application de la première de s'assurer que les élèves s'approprient réellement les faits de la géométrie, et à l'aide de la seconde de leur donner une compréhension réelle de ce que c'est une démostration mathématique. Partant on trouve réunis dans mon livre les deux courants pédagogiques de l'Angleterre et de l'Italie. Pour le Danemark ce livre signifie une réaction contre la méthode présentée dans la géométrie bien connue de Julius Petersen qui pendant bon nombre d'années a été la géométrie fondamentale chez nous, et qui peut-être sera le mieux caractérisée comme étant à mi-chemin entre Legendre et Borel. Ce n'est que dans un livre postérieur [3] qu'on verra se joindre l'algèbre et la géométrie en la notion graphique de fonction, comme il est indiqué dans les nouveaux plans d'étude danois [4]. On reconnait dans ces plans l'empreinte du mouvement mo-

[1] T. Bonnesen - *Geometriske Betragtninger.* Nyt Tidsskrift for Mathematik. 1906. Kôbenhavn.

[2] T. Bonnesen - *Geometri for Mellemskolen.* 1904. Kôbenhavn.

[3] T. Bonnesen - *Matematik for Gymnasiet etc.* 1907. Kôbenhavn.

[4] Lov om hojere Almenskoler med dertil hôrende Anordninger. 1906. Kôbenhavn. (Loi sur les écoles normales supérieures et les prescriptions y appartenantes. 1907. Copenhague).

derne en tant que pour toutes les directions d'étude on exige la connaissance des coordonnées aux angles droits et, on fait place, surtout pour la ligne des Sciences, aux éléments du calcul différentiel et intégral.

Copenhague, Août 1907.

T. BONNESEN

ANALISI CRITICHE E RASSEGNE.

ERNST MACH - *Erkenntniss und Irrtum.* 2ème éd., 1 vol. in 8°, p. XII-474. Barth. Leipzig, 1906.

On a l'habitude de considérer en France Ernst Mach comme un vulgarisateur de la Science. Autant vaudrait dire que H. Poincaré est un vulgarisateur, lorsqu'il écrit ses réflexions sur la mathématique ou la physique. Non point que je croie que la vulgarisation de la science, faite comme il convient, soit un travail facile ou superflu. Rien ne me parait plus nécessaire à la science elle-même, que sa bonne vulgarisation, et c'est une tâche malaisée et ingrate. Mais enfin il faut mettre les choses au point, et les appeler par leur nom. Mach a fait parfois de la vulgarisation, comme Berthelot ou H. Poincaré, mai si peu.... Dans ses conférences scientifiques populaires (*Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*) il n'y a même pas la moitié du volume qui puisse être considérée comme telle. Le reste, c'est de la psychologie de la science, de la méthodologie, des réflexions profondes qui lui sont suggerées par ces sciences qu'il connait en maître praticien, en savant autant qu'en historien. Et tout cela est absolument original, puisé aux sources. Mieux que cela le plus souvent ce sont les sources mêmes où les autres devront ensuite aller puiser, à moins de se résoudre à passer pour ignorants. Car Mach est d'abord un mécanicien et un physicien de race. Et quand il nous livre ses réflexions sur la science, c'est, comme H. Poincaré, une réflexion directement suscitée par les faits. Il ne faut pas oublier que Mach, avant Kirchhoff a jeté les bases de la mécanique de Kirchhoff, et en physique, avant Ostwald et Duhem, les bases de l'énergétique scientifique. Il a encore un autre trait qui le rapproche singulièrement des grands savants français qui ont réfléchi sur la science, des Berthelot et des Poincaré; il n'aime pas à être traité de philosophe; il déteste la

philosophie pour la philosophie, le bavardage, qui doit plus à l'imagination de mauvais aloi qu'à la raison pure. S'il admet la philosophie pour la science, et par la science, il admet même plutôt la chose que le mot. Celui-ci l'ennuie. Au fond il croit qu'il est du devoir et du droit du savant d'analyser avec soin ses méthodes et les résultats qu'il obtient, la marche générale de sa pensée, l'histoire de celle des autres. Ce faisant à l'occasion de la mathématique, de la mécanique ou de la physique, il n'ira pas jusqu'à soutenir qu'il fait encore de la mathématique, de la mécanique, ou de la physique; — encore qu'il en ait bien envie, tant l'histoire et la psychologie des méthodes de chaque science, l'enchaînement de leurs découvertes lui paraissent ne faire qu'un avec la science elle-même. Mais au moins reste-t-il persuadé qu'il continue son œuvre scientifique, dans d'autres sciences, pour lui aussi positives, et de disciplines aussi rigoureuses: la phychologie, la méthodologie, l'histoire des sciences. Et il n'y a pas la moindre illusion dans son cas; seulement la conscience que le bon ouvrier a de son travail.

Le livre qu'il vient de publier et qui a, en un an, nécessité une seconde édition: « La connaissance et l'erreur, esquisse d'une psychologie de la recherche scientifique », peut être considéré comme la condensation de toutes ses réflexions sur les sciences, leur histoire, et leur méthode. Il est la synthèse de ses travaux antérieurs. Et s'il déplait à Mach que nous disions qu'il y a donné sa philosophie des sciences, disons qu'il y a esquissé une science de la science, un des premier travaux d'épistémologie positive que nous ayons, ou plutôt de méthodologie positive, puisque le premier mot a été, indûment et d'une façon bien génante, accaparé par la métaphysique.

L'idée maîtresse de l'ouvrage peut, ce semble, être sommairement définie de la façon suivante: établir une théorie de la science, et de la connaissance, car, — pour Mach les deux mots ont pareilles extension et compréhension — à l' aide d'une psychologie scientifique de nos fonctions intellectuelles. Cette psychologie scientifique a d'abord pour contenu tous les renseignement de la psychologie expérimentale contemporaine, librement et très heureusement interprétés dans un raccourci fort original. Mais ce qui augmente encore l'originalité de la position de Mach c'est qu'il enrichit la matière de cette psychologie de toute l'histoire des sciences. Cette histoire lui fournit les faits d'observation et, on peut dire, les expériences toutes réalisées, à l'aide desquels il confirme ou établit ses propositions psychologiques; son travail nous amène par une induction scientifique précise à la détermination et à l'explication des méthodes, ainsi que des principaux concepts, scientifiques.

De ce côté, Mach emprunte au pragmatisme anglo-américain tout ce dont nous lui serons vraiment redevables: l'étude concrète. vivante, vraiment scientifique par tout ce qu'il y entre de bonne et sérieuse psychologie, des fonctions de la connaissance et de leur genèse, en un mot la psychologie génétique. Plût au ciel que nous soyons à jamais libérés, grâce à elle, des abstractions de la psychologie de l'ancienne école classique: elle parlait avec art et abondance de la connaissance réfléchie en l'opposant à la connaissance spontanée, de la raison pure, des principes rationnels, de l'activité créatrice de l'esprit et autres balivernes; elle croyait se moderniser tout à fait en prononçant le mot: méthode expérimentale, et en en empruntant les canons à St. Mill. Ceux qui, en tout cas, sauront lire, perdront, je l'éspère à parcourir le livre de Mach, toute espèce de goût pour ces quintessences.

Ils y perdront peut être aussi toute complaisance pour ce que le pragmatisme a ajouté à la psychologie génétique et qui précisément l'a mis à la mode. La mode n'a jamais fait qu'imiter des choses ce qu'elles ont de plus superficiel, de moins sérieux et durable. Aussi elle passe. Et Mach pourra contribuer à la faire passer, car, quoiqu'on en ait dit, l'assimilation des idées de Mach avec le pragmatisme doit s'arrêter ici. Mach est sous les apparences destructives de sa critique, un dogmatique. S'il intitule son ouvrage « erreur et vérité » c'est qu'il croit qu'il y a une erreur et une vérité — pas dans le vieux sens rationaliste du mot, ni dans le sens Kantien, c'est évident. Mais parce qu'il renouvelle le dogmatisme, en l'harmonisant avec tout ce que nous avons appris depuis, en lui donnant surtout le sens de l'histoire, son dogmatisme n'en sera qu'une arme mieux trempée contre le scepticisme.

Quels sont les enseignements de la psychologie touchant la genèse de la science? Mach résume dans cette première partie de son œuvre toutes les idées qu'il a si souvent exprimées dans ses autres ouvrages. Le réel, tout le réel, l'absolu en un mot, c'est la sensation. Les sensations sont fonctions les unes des autres et leurs relations de dépendance les classent en deux groupes: celles qui sont indépendantes de notre corps, le milieu; — celles qui dépendent de notre corps, notre vie psychologique.

La science n'est qu'une analyse des sensations, en ce sens qu'elle cherche à déterminer toutes les relations de nos sensations. Au point de vue bio-psychologique, le résultat le plus général de cette étude est celui-ci: le vivant cherche à s'adapter au milieu. Conscience, pensée, raison sont des organes d'adaptation. La science est, par suite, une fonction biologique d'adaptation. A ce point de vue elle est le résultat des contingences historiques. Sa marche se fait par une suite d'efforts adaptatifs plus ou moins heureux. Nous appelons erreur l'effort malheureux, vérité l'effort heureux.

Et entre l'un et l'autre il n'y a, comme on le voit, qu'une question de plus ou de moins. Vérité en deça des Pyrénées, erreur au de là, va-t-on dire. Nous sommes en plein pragmatisme, en plein agnosticisme scientifique. Nous y serions si nous oublions nos prémisses.

Et c'est ce qu'ont fait ceux qui ont cru pouvoir enrôler Mach parmi les pragmatistes. Mais s'il vous plait, à quelle condition l'effort d'adaptation de la science peut-il être qualifié d'heureux? A une seule, c'est que les relations assignées par la science correspondent aux relations des sensations, qui sont l'absolument réel. Toute correction dans la science, toute vérité nouvelle qui fait passer au rang d'erreur la vérité ancienne est un progrès dans cette adaptation, dans cette correspondance, dans cette analyse des sensations, donc dans cette conquête de l'absolu. L'analyse des sensations est indéfinie, sans doute: l'approximation vers la vérité l'est aussi. La science n'étant jamais achevée, la vérité ne sera jamais absolue et définitive: c'est encore vrai. Mais la science grandit constamment en vérité. Il ne faut pas interprêter Mach en ramenant la vérité à l'erreur, mais bien l'erreur à la vérité, puisque la pensée est une « adaptation progressive des faits aux choses et des choses aux faits ».

ABEL REY

ABEL REY - *La théorie de la Physique chez les physiciens contemporains.* — Paris, F. Alcan, 1907.

Pour comprendre l'esprit de cet ouvrage il convient de rappeler d'abord les conclusions qu'une philosophie nominaliste a cru pouvoir rattacher à la critique moderne de la Science et de la Physique en particulier.

En faisant de l'expérience le dernier criterium de la vérité on aboutit nécessairement à reconnaître que la valeur des résultats scientifiques est toujours relative et approchée. Ainsi p. ex. la mesure d'une longueur n'est pas un nombre rigoureusement défini, mais un interval que l'on tâche de réduire par des approximations successives. De même une loi physique ne saurait exprimer un rapport exact que l'experience a le tort de vérifier d'une manière imparfaite; une loi c'est seulement une formule approchée, représentant les données experimentales, entre les limites mêmes des erreurs d'observation. Partant dans l'énoncé de toute loi, l'esprit du savant introduit quelque chose d'arbitraire qui ne ressort pas de l'expérience; et, d'après M. Mach, le rôle

de la volonté tend à satisfaire certaines exigences *économiques* de la représentation scientifique [1].

Or le mouvement fidéiste et anti-intellettualiste contemporain, surtout dans la forme particulière qui appartient à ce que j'ai appelé le nominalisme français, a tâché de tirer profit de ces vues, pour ôter à la Science toute valeur objective. C'est ce qu'on a obtenu en comparant les résultats scientifiques à un ideal de connaissance absolue; par rapport à cet étalon (que l'on suppose à priori sans examiner si les mots mêmes aient un sens) la simplification arbitraire de la loi physique apparait comme une déformation de la verité. Les critiques oublient que le rôle de la volonté est toujours très étroitement limité, et qu'il ne saurait dépasser les limites de l'expérience (c'est à dire les limites mêmes en lesquels la vérité se trouve définie); c'est ainsi qu'ils en viennent à proclamer que le fait scientifique se réduit à une *convention*, et partant que le savant crée le fait au lieu de le découvrir.

Maintenant le livre de M. Rey marque une heureuse réaction par rapport à ce courant philosophique; l'A. tend à rétablir la valeur objective de la Science dans sa signification véritable.

Mieux encore il veut montrer par un examen critique des opinions dominantes chez les physiciens, (Duhem, Poincaré, Mach, etc.) que la philosophie anti-intellettualiste s'est appuyée sur une interpretation unilaterale et par suite fausse de leur pensée. En quoi je doute qu'à l'égard de quelques-uns parmi ces auteurs, il ait raison seulement à moitié, c'est à dire en tant qu' il les considère comme des physiciens en négligeant leur côté plus proprement philosophique, j'entend leurs conceptions agnostiques inspirées à un idéal de vérité *absolue*.

L'esprit qui domine l'ouvrage de M. Rey me semble très juste. Je partage avec lui l'opinion que la Théorie de la Physique a été un peu faussée par la tendance des mathématiciens au nominalisme, et j'aime à constater les préférences qu'il accorde aux représentations mécaniques sur les théories purement abstraites des phénomènes physiques. C'est la revanche de l'intuition créatrice sur la logique stérile.

Quant à la conclusion que « la Science est vraie dans toute l'acception humaine de ce mot » je me demande seulement si l'opinion contraire, qui a fait tant de bruit en France, a exprimé jamais davantage qu'un élégant paradoxe, un paradoxe qui par

[1] Nous avons tâché d'expliquer, de notre côté, que la Science, considérée comme un developpement psycologique, suit certaines lois déterminées, de façon que ce qui apparait arbitraire par rapport à l'objet de la connaissance ne correspond pas toujours à un choix libre au point de vue subjectif.

Voir F. ENRIQUES, *Problemi della Scienza*, Zanichelli, 1906.

certains côtés aristocratiques non moins que par ses conséquences sociales, devait flatter particulièrement les tendances d'esprit d'une petite classe de penseurs.... intellectuels malgré eux.

F. ENRIQUES

F. KLEIN e A. HÖFLER - *Grenzfragen der Mathematik und Philosophie.* Nei « Wissenschaftliche Beilage » al 19° « Jahresbericht » della Società Filosofica di Vienna. — Editore A. Barth, Lipsia, 1906.

Questo articolo dei « Beilage » è il riassunto di una discussione svoltasi in due sedute della Società Filosofica di Vienna su questioni che sono al limite fra matematica e filosofia. Il grande sviluppo del pensiero scientifico verificatosi negli ultimi tempi in tutti i rami del sapere ha portato a concezioni che non sono più in perfetta armonia colle idee, colle definizioni e cogli assiomi che stavano a base di ogni singola scienza; di qui il bisogno di sottoporre a nuova critica i concetti fondamentali, di analizzarne il contenuto e gli enunciati per correggerne le mancanze e le improprietà e renderli atti ad accompagnare il pensiero fino alle ultime conclusioni. Questa tendenza, comune attualmente a tutte le scienze, si manifesta per la matematica in una doppia corrente, che è diretta da un lato a stabilire la scienza matematica sopra più solide basi e spinge dall'altro ad un uso più frequente della intuizione, ad un più continuo contatto colla realtà. Molte delle questioni che sorgono da questo movimento sono d'interesse comune alla matematica, alle scienze naturali ed alla filosofia, per modo che molto opportunamente fu decisa dalla Società Filosofica di Vienna una discussione su alcuna delle dette questioni con invito a F. Klein di avviarla; e dell'interessante dibattito, riassunto nell'articolo dei « Beilage », offriamo qui una breve relazione.

La prima parte dell'articolo riporta il breve discorso con cui F. Klein ha iniziato la discussione, e le considerazioni svolte dopo da L. Boltzmann (seduta del 14 ottobre 1905). Richiamandosi a idee già sostenute molto tempo prima, Klein afferma che, come inesatte sono le immagini spaziali offerteci dai nostri sensi, per quanto armati dei migliori strumenti, così inesatte sono anche le idee astratte che noi abbiamo di spazio e che formano la base dell'edificio matematico. Tale inesattezza si è rivelata già da molto tempo nell'idea di curva, essendo impossibile l'intuizione spaziale del corso di curve rappresentate da funzioni con-

tinue senza derivata (per es. funzioni di Weierstrass); ma essa si manifesta anche in esempii più semplici della teoria delle funzioni e del calcolo infinitesimale, essendo inaccessibili ad una esatta intuizione spaziale anche le particolarità di curve rappresentate da funzioni intere (aggregati di punti della teoria degli insiemi). Non gli sembra attendibile l'opinione che lo spirito umano abbia la facoltà di rappresentarsi esattamente solo le curve analitiche, mentre le non analitiche trascendano a questa facoltà d'intuizione. Attribuisce invece la diversità all'inesattezza delle nostre idee di spazio, ritenendo che l'immagine in noi risvegliata dalla parola *curve* sia piuttosto quella di striscie (*Streifen*) di larghezza piccolissima ma non nulla, le quali hanno proprietà visibili, parallele in certo modo alle proprietà matematiche delle sole curve analitiche. Ritiene utile uno scambio d'idee su questo problema di capitale importanza per le applicazioni della matematica alle scienze naturali. Passando poi a rilevare l'influenza che la considerazione dell'inesattezza delle nostre idee di spazio può avere sul modo d'intendere e formulare gli assiomi e le definizioni in geometria, esamina l'assioma della geometria euclidea che, in base all'idea ordinaria di spazio, afferma la coincidenza delle due parallele per un punto ad una retta (le due posizioni limiti di una secante); e nota che, avendo riguardo all'inesattezza delle nostre percezioni spaziali, soddisferebbe ai nostri sensi anche l'ipotesi di un angolo piccolissimo fra le due parallele, ipotesi tanto meno confutabile pensando il punto alla distanza di Sirio della retta; così la geometria non euclidea, esente da contraddizioni logiche, non è in contrasto nemmeno colla nostra intuizione spaziale; e, solo perchè l'affermazione euclidea è la più semplice possibile, essa è preferita in pratica alla non euclidea, in base al principio detto da Mach *economico*. Esamina poi la definizione euclidea di superficie: *Superficie è ciò che ha solo lunghezza e larghezza — superficie è limite di un corpo.* Osserva che, ad una minuta analisi e dal punto di vista delle scienze naturali, niente appare in natura che risponda alla definizione teorica di superficie: qual'è la superficie di una spugna? come si può parlare di piano tangente e di curvatura di una tale superficie come si suol fare nelle applicazioni geometriche del calcolo? L'idea teorica di superficie sembra piuttosto dovuta al fatto che l'occhio non avverte discontinuità finissimime; sorgono in prima da osservazioni inesatte le idee che formano poi la base delle nostre speculazioni matematiche.

L. Boltzmann fa osservare, a sostegno delle idee espresse da Klein, che ad ogni passo s'incontrano anche in fisica concetti non accessibili all'intuizione immediata; cita, come esempio, una curva inderivabile da lui trovata come rappresentante dell'effettivo

comportamento di un gaz e ritiene che anche la funzione che dà il corso della temperatura in un punto sia della stessa specie. Contro la teoria di Kant, dice che non esiste dimostrazione basata sulla sola intuizione, come non esiste intuizione pura, cioè all'infuori o prima di ogni esperienza; le nostre immagini sono limitate ad una riproduzione di ciò che abbiamo veduto; se manca l'osservazione diretta, manca anche l'immagine o intuizione corrispondente; solo a poco a poco e dopo lunga riflessione possiamo allargare il campo della nostra intuizione, per modo che forse le generazioni future disporranno d'immagini migliori delle nostre.

La seconda parte dell'articolo contiene il seguito della discussione (seduta del 19 gennaio 1906) riassunto in nove tesi, illustrate da A. Höfler; esse sono ripartite in due gruppi, dei quali il primo comprende le prime quattro tesi e porta il titolo *Geometrische Nicht-Anschauung*. Le prime due tesi affermano che non solo, per gli esempi addotti da Klein, Boltzmann ed altri, vi sono idee geometriche non intuibili, ma che nessuna dimostrazione geometrica può basarsi sull'intuizione, nessuna verità geometrica può rendersi evidente dall'esame della figura. Le altre due tesi affermano che dall'analisi dei concetti fondamentali della geometria si riscontra come elemento *(psichico)* costitutivo il concetto della *negazione* (*des Nicht*): *il punto è un luogo non esteso; la retta è la non curva; eguale è il non diverso.* Il secondo gruppo, comprendente le altre cinque tesi, porta il titolo *Gestaltanschauung.* Pur negando l'ipotesi (di Kant) di un'intuizione pura o di un'intuizione come pretendente a evidenza, è certo che esiste l'intuizione geometrica, come una particolare facoltà psichica atta a percepire le qualità di forma; l'intuizione della forma, p. es. di un quadrato, è ciò che si aggiunge alla percezione dei singoli punti del suo contorno, come la melodia è qualche cosa che si aggiunge alla percezione dei singoli suoni. Il valore che noi attribuiamo all'intuizione delle forme, dal punto di vista della *didattica* (per ogni insegnamento intuitivo) e della *estetica* (per ogni composizione artistica), si spiega colla dipendenza psicologica delle idee non intuitive da quelle intuitive; la mente dei geometri non avrebbe mai avuto occasione di formarsi i concetti elementari di *distanza* e *direzione,* se non avesse osservato distanze costanti nella forma del cerchio, variabili in quella dell'ellisse, direzioni costanti nelle linee rette, variabili nelle curve. Ma l'intuizione su cui si fonda il pensiero in geometria non è per niente *più pura* dell'intuizione che abbiamo in fisica p. es. di corpi perfettamente elastici o semielastici o anelastici. E come il passaggio dalla fisica sperimentale alla teoretica non è che un investigare *(unterfahren)* gli oggetti fisici *dati* con concetti e ipotesi *appositamente creati,* così possiamo risolvere l'antinomia fra geometria intuitiva e non intuitiva

dicendo che dall'una si passa all'altra investigando le nostre *intuizioni* spaziali mediante i *concetti* di punto, distanza, direzione, eguaglianza, ecc., coi quali si compongono le definizioni geometriche.

Fra le questioni di particolare interesse pei matematici e gli psicologi, di cui Höfler dà solo un cenno, notiamo l'analisi degli elementi ultimi della *forma* e la riduzione, secondo Höfler, di tutti i concetti geometrici ai concetti di *punto, distanza, direzione,* a differenza della riduzione, secondo Hilbert, ai concetti ultimi di *retta* e *piano.*

Napoli, 29 Agosto 1907.

B. CALÒ

MAX VERWORN - *Die Biogenhypothese,* Eine kritisch-experimentelle Studie über die Vorgänge in der lebendigen Substanz, Jena, Fischer. 1903 (pag. 114).

Come punto centrale del ricambio materiale organico, l'autore ammette una combinazione chimica oltremodo complessa e instabile, la quale col suo continuo dissociarsi e ricostituirsi darebbe luogo a tutto l'insieme dei processi del ricambio materiale medesimo, e la quale costituirebbe così la cosiddetta sostanza vivente. Questa ipotetica sostanza è chiamata dall'autore col nome di « biogeno »; e siccome nelle varie forme della sostanza vivente si ha a che fare senza dubbio con sostanze diverse, così non avremo già una sola sorta di biogeno, bensì numerosissime sorta costituenti un gruppo chimico a sè, cioè a dire il gruppo dei biogeni.

La dissociazione funzionale della molecola di biogeno consisterebbe, secondo l'autore, in ciò che l'ossigeno intramolecolare andrebbe dal suo luogo di deposito o di accumulamento ad un gruppo o catena carburata, priva d'azoto, facilmente ossidabile, trasformandola così in acido carbonico e in altri composti di dissociazione pure privi d'azoto, come acido lattico, acqua, e via dicendo. Possiamo immaginarci il ricettore e translatore dell'ossigeno come un composto di azoto o di ferro, e il materiale d'ossidazione come una catena carburata costruita sul tipo degli idrocarburi a carattere di aldeide: ricettore dell'ossigeno e materiale d'ossidazione, ambedue attaccati come catene laterali ad un anello benzoico.

Le valenze divenute libere in seguito alla dissociazione par-

ziale funzionale della molecola di biogeno verrebbero di nuovo saturate da appropriati gruppi carburati, apprestati dalla digestione, e dall'ossigeno, fornito dall'ambiente esterno, fino a che verrebbe ricostituito lo *status quo ante*.

L'aumento delle molecole di biogeno si spiegherebbe, secondo l'autore, colla polimerizzazione di molecole di biogeno già esistenti, le molecole polimere spezzandosi poi in molecole di biogeno semplici,

L'irritabilità sarebbe: « la capacità della sostanza vivente di reagire agli stimoli con un acceleramento del ricambio materiale delle molecole di biogeno. La misura per l'irritabilità sarebbe la grandezza del risultato, provocato dallo stimolo in una data quantità di sostanza vivente, in rapporto all'intensità di questo stimolo ».

« È irritabile tanto la fase disassimilatrice del ricambio materiale quanto quella assimilatrice ».

« Il grado della irritabilità disassimilatrice dipende, a parità d'intensità dello stimolo: dal grado di labilità o instabilità delle molecole di biogeno; dalla rapidità dei processi restitutivi che avvengono dopo la dissociazione funzionale del biogeno; dal numero assoluto delle molecole di biogeno esistenti; dalle condizioni che facilitano la propagazione del risultato dello stimolo ».

« Il grado della irritabilità assimilatrice dipende, invece, sempre a parità di intensità dello stimolo: dalla quantità di materiale greggio introdotto come nutrimento; dai mezzi per l'elaborazione del materiale greggio nella forma appropriata dei materiali di riparazione (Ersatzstoffe); dalla quantità dei materiali di riparazione appropriati; dalla velocità di trapasso dei materiali di riparazione dai depositi di riserva alle molecole di biogeno ».

Osserviamo subito che, se è facilmente concepibile l'irritabilità della fase disassimilatrice, giacché in tal caso lo stimolo non deve fungere che da distruttore e gli basta quindi di produrre come uno scotimento della molecola di biogeno, altrettanto difficile a concepirsi, invece, almeno senza l'aiuto di qualche ipotesi sussidiaria intorno al modo di operare degli stimoli trofici, è, — fatta pure astrazione dall'improprietà della denominazione, — l'irritabilità della fase assimilatrice, giacchè qui si tratta di costruire ogni volta in un solo modo ben determinato.

Inoltre, non si rende con ciò affatto conto, — per limitarci qui solo a questo fra i tanti aspetti peculiari presentati dal fenomeno vitale, — del meccanismo dell'azione trofica esercitata dall'attività funzionale; cioè a dire, non si vede affatto come mai la dissociazione parziale funzionale del biogeno debba provocare una

attivazione della polimerizzazione nelle molecole del biogeno medesimo. Data, infatti, l'ipotesi sulla struttura molecolare del biogeno, l'auto-regolazione del ricambio materiale, quale è implicita in tale ipotesi, non può fare altro che ricostituire quella porzione della molecola di biogeno distrutta dallo stimolo funzionale; ma non può provocare alcun aumento nel numero delle molecole di biogeno. In altre parole, l'accelerazione dell'assimilazione provocata per via indiretta dallo stimolo funzionale sarebbe, secondo tale ipotesi, sempre equipollente all'accelerazione della disassimilazione provocata per via diretta dallo stimolo funzionale medesimo, e quindi lascierebbe ogni volta del tutto inalterata la quantità di biogeno già esistente.

Completiamo, invece, il concetto della dipendenza causale reciproca fra le due irritabilità, della fase disassimilatrice e della fase assimilatrice, sostituendovi l'altro di una corrispondenza univoca riversibile fra la specificità della irritabilità vera e propria, cioè quella della fase disassimilatrice, e la composizione chimica particolare del biogeno o elemento vitale rispettivo. Cioè a dire, ammettiamo che la scarica specifica di energia vitale o nervosa, costituente l'irritabilità della fase disassimilatrice, sia, allorchè funga invece da corrente di carica, atta alla sua volta a deporre, quale suo accumulatore specifico, quella sostanza particolare stessa alla cui decomposizione essa fu precedentemente dovuta. Non difficile sarà allora escogitare l'opportuno meccanismo atto a render conto, almeno in via approssimata, di quella azione trofica appunto che sulla sostanza vivente viene esercitata dalla scarica della fase disassimilatrice, in altre parole dall'attività funzionale in genere [1].

Ma per riuscire a questo è d'uopo supporre nell'energia vitale o nervosa alcune proprietà elementari, quale questa dell'accumulazione specifica, non possedute da nessuna delle varie forme d'energia finora conosciute del mondo inorganico; supposizione, che in sè non ha niente di antiscientifico, visto che queste stesse diverse forme d'energia del mondo inorganico hanno ciascuna le loro proprietà fondamentali, diverse dall'una forma di energia all'altra.

Il Verworn, colla sua ipotesi del biogeno, si ostina, invece, a non vedere nel fenomeno vitale che un fenomeno chimico puro e semplice. È inevitabile perciò che, chiamata che sia la sua ipotesi a spiegare le manifestazioni complesse più caratteristiche della vita sostanzialmente diverse da quelle presentate dai feno-

[1] Vedi EUGENIO RIGNANO - *Sur la transmissibilité des caractères acquis, Hypothèse d'une centro-épigénèse.* Paris, Alcan, 1906; ediz. italiana, Bologna, Zanichelli 1907, ultimo capitolo: « Il fenomeno mnemonico ed il fenomeno vitale ».

meni chimici, essa, ad onta di tutta la genialità del suo autore, si dimostri del tutto inadatta a dare di esse la benchè minima spiegazione appena appena soddisfacente.

Milano.

EUGENIO RIGNANO

J. B. LAMARCK - *Discours d'ouverture* (an VIII, an X, an XI et 1806). Réimpression in « Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique » t. XL; et à part, 157 pag., avec 3 portraits. - Préface de A. Giard et Introduction bibliographique de Marcel Landrieu. — Paris, 3 rue d'Ulm, 6 fr.

On peut dire que tous les biologistes aujourd'hui, sauf quelques rares exceptions, sont transformistes, et presque tous sont néo-lamarckiens ou néo-darwinistes. Cela suffit à indiquer l'importance actuelle de l'œuvre de Lamarck et de celle de Darwin. La seconde a connu la discussion mais aussi le succès dès l'origine. La première a surgi à nouveau, après le dédain des contemporains, et l'oubli d'une longue génération. La seconde a bénéficié par suite d'éditions multiples, de traductions en toutes langues; elle est dans toutes les bibliothèques et partout elle devrait avoir pour voisine de rayons la première.

Mais il s'en faut qu'il en soit ainsi. Même dans les parties les plus importantes, l'œuvre de Lamarck est rare en librairie. *La Philosophie zoologique,* elle même, malgré une réimpression, se trouve difficilement. Ne serait il pas à souhaiter que la grande synthèse effectuée par Lamarck, si remarquable pour son époque qu'elle devançait, fut mise, aisément, par une réédition large sinon complète, à la portée du public scientifique qui doit s'y intéresser dans tous les pays. N'est ce pas en ce moment d'ailleurs une souscription internationale qui va permettre d'élever un monument à Lamarck au Jardin des Plantes de Paris, où il einseigna.

Ce sont des pensées de cet ordre qui ont déterminé le professeur A. Giard à réimprimer dans le tome XL de son « Bulletin Scientifique » les quatres discours que Lamarck prononça à l'ouverture de son cours sur les *Animaux sans vertèbres,* au Muséum de Paris, l'an VIII (1800), l'an X (1802), l'an XI (1803) et en 1806. Les deux premiers sont placés en tête, l'un du système des *Animaux sans vertèbres* et l'autre des *Recherches sur l'organisation des corps vivants.* Les deux derniers ont été imprimés à part et sont devenus des plus rares. M. Marcel Landrieu qui depuis plusieures années

s'est consacré à des recherches sur la vie et l'œuvre de Lamarck ne connaît du *Discours de l'an XI* que l'exemplaire possédé par la bibliothèque du Muséum à Paris; de celui du 1806 il en a vu un dans la bibliothèque de feu A. Milne-Edwards (et il parait s'être perdu) et un second qui appartient à M. Giard. Cela suffirait à légitimer une réimpression, faute de laquelle d'ici à quelque décade ces œuvres auraient pu être définitivement perdues.

Les quatre discours, prononcés dans des circostances analogues offrent bien des points communs; d'une manière générale ils nous montrent l'élaboration progressive des principes fondamentaux auxquels Lamarck a donné une forme définitive dans sa *Philosophie zoologique* publiée en 1809. La place que ce livre célèbre tient dans l'histoire de la Biologie donne à elle seule un grand intérêt historique à ces ébauches successives. La pensée de Lamarck est des plus curieuses à étudier de près et à situer dans les connaissances de son temps. On l'y voit poser dans toute sa largeur le problème de l'origine et des transformations des formes vivantes; à une époque où la théorie cellulaire n'était même pas ébauchée, où le nom même de tissu cellulaire introduit par Bichat avait une autre signification; il est guidé par une sorte d'instinct à une autre conception qui n'est pas tellement différente de celles que l'avenir a consacrées. Tel autre passage à propos des hydres d'eau douce, contient en puissance nos idées modernes sur le phototropisme. S'adressant à ses auditeurs il les met en garde contre la sécheresse de la Zoologie descriptive, et ce qu'il dit à ce sujet pourrait être d'hier.

Au reste il n'y a pas lieu aujourd'hui de découvrir Lamarck, mais de signaler au public épris de synthèse scientifique que la Rivista a groupé, des pages qui en raison de leur rareté en librairie devraient être généralement ignorées.

M. le prof. Giard, un des représentants les plus illustres des doctrines néo-lamarckiennes a fait précéder ces discours d'une préface où il indique à grands traits l'influence que la pensée de Lamarck a exercée en dehors même de la Biologie, au XIX siècle sur la Littérature et la Sociologie. Reproduisons ici la phrase qui la termine: « puisse cette publication servir de première pierre au monument plus grandiose que les jeunes naturalistes français ont le dévoir d'élever bientôt à la gloire de l'auteur de la *Philosophie zoologique* ».

Université de Paris.

M. CAULLERY

CAMILLO SUPINO - *Le crisi economiche*, 1 vol. gr. in-8° de XI-202 pp., Milan, Hoepli, 1907.

La question des crises est une de celles auxquelles les économistes s'intéressent le plus. Non seulement les crises ont une importance pratique considérable, mais l'étude en est des plus fécondes pour qui veut arriver à comprendre les lois fondamentales de la vie économique des sociétés: cela, pour les mêmes raisons qui font que la physiologie retire un profit particulièrement grand de l'étude des phénomènes pathologiques qui se manifestent dans la vie des êtres organisés.

J'ajouterai que la question des crises devient une question très générale quand on les définit comme fait M. Supino. Certains auteurs réservent le nom de crises à ces perturbations qui s'étendent à des pays tout entiers et qui, dans ces pays, affectent, non pas une branche de la production seulement, une catégorie donnée de « sujets économiques », mais un grand nombre de branches de la production simultanément, et des catégories multiples d'individus. M. Supino prend le mot « crises » dans un sens plus large. Pour lui, il y a crise toutes les fois qu'une altération des processus économiques normaux entraîne des dommages pour une industrie, pour une région d'un pays, pour une classe sociale. Ainsi entendues, les crises demeureront, contrairement à l'opinion de quelques auteurs, des fait sexceptionnels: mais elles apparaîtront, cepedant, comme très fréquentes.

Pour M. Supino, les crises consistent essentiellement dans une rupture de l'équilibre entre la production et la consommation, ou, d'une manière plus précise, dans une rupture de cet équilibre par un excès de production. Les crises, dès lors, sont caractéristiques d'une certaine organisation de l'économie. Il ne saurait y avoir de crises là où il n'y a pas d'échanges: il ne saurait guère y en avoir, non plus, là où les échanges se font en nature. Les crises surgissent seulement quand la spécialisation des producteurs est très poussée, quand des marchés très vastes se sont constitués — par conséquent, quand la monnaie intervient dans les échanges —; et elles sont à craindre surtout avec l'usage du crédit. Toutes sortes de causes, au reste, peuvent les engendrer: M. Supino en trouve parmi les phénomènes de la consommation, parmi les phénomènes de la production, parmi ceux de la circulation et parmi ceux de la distribution.

Dans cette partie de son travail que je viens de résumer, M. Supino a étudié les crises sans s'attacher plus à tel genre qu'à tel autre. Dans les quelques chapitres qui viennent ensuite,

ce sont les crises *générales* qu'il considère principalement. Il en décrit la marche. Il montre comment au développement de ces crises correspondent de certains mouvements dans les prix, dans les chiffres du commerce international, dans l'encaisse des banques et dans le taux de l'escompte. Il parle de la périodicité des crises générales, et discute les trois explications — psychologique, physique et proprement économique — qui en peuvent être données. Il indique enfin les conséquences des crises générales, et les remèdes qui existent contre elles.

M. Supino consacre quelques chapitres, pour finir, aux crises spéciales — crises agraires, crises de la propriété immobilière urbaine, crises industrielles, crises commerciales, crises de Bourse, crises monétaires et crises du crédit —. Il nous fait connaître les causes qui donnent à chacune de ces espèces des crises ses caractères propres: pour les crises de Bourse, par exemple, c'est le fait que les titres qui se négocient en Bourse sont facilement transportables, et peuvent donner lieu à une grande quantité de transactions; c'est le fait qu' aux spéculations de la Bourse peuvent participer des gens qui n' ont aucune connaissance des affaires, et des gens, aussi, qui n' ont pas de capitaux, etc. Il distingue, également, parmi ces espèces des variétés: ainsi il y a des crises monétaires qui sont dues aux variations de la production des métaux précieux, d'autres qui sont dues à la façon dont s'établit, dans le commerce international, la balance des comptes, d'autres qui proviennent de changements opérés dans les législations monétaires.

Les quelques réserves que le travail de M. Supino me paraît appeller se rapportent à ses considérations sur l'étiologie des crises. Parmi les causes des crises, M. Supino place des phénomènes — comme l'augmentation de la population ou l'augmentation des capitaux — qui sont des phénomènes *continus;* et il n'explique pas assez bien, à mon avis, comment de tels phénomènes peuvent provoquer des perturbations *momentanées* dans l'économie. D'autre part, je doute que M. Supino ait eu raison d'accueillir les idées de certains auteurs qui veulent que la distribution inégale du revenu limite la consommation et contribue, par là, à créér la surproduction (v. pp. 59 et suiv.).

A part ces remarques — et quelques autres qui ne porteraient que sur des détails — le travail de M. Supino ne mérite que des éloges. M. Supino est admirablement informé de tout ce qui a été écrit sur les crises, et il sait fort bien choisir, dans cette littérature, ce qui vaut la peine d'être retenu, ou discuté. Les faits ne lui sont pas moins connus que les théories: il en cite un très grand nombre, soit à titre d'exemple, soit pour justifier les vues qu'il émet. Sur tous les points qu'il examine — et il n' en est pas un qu' il ait omis parmi ceux qui appartiennent à

son sujet — il fait preuve de pénétration et de sagacité. La rigueur, enfin, avec laquelle il ordonne toujours sa matière, la clarté et l'aisance de son exposition rendent la lecture de son livre aussi facile et agréable qu'elle est, par ailleurs, instructive et profitable.

Paris.

ADOLPHE LANDRY

RASSEGNA DI FISICA.

Sulla massa elettromagnetica. [1]

Lo schema tipico, secondo cui il metodo infinitesimale si applica allo studio dei fenomeni naturali, consta notoriamente di tre stadi:

1° - **Induzione.** — Dall'esame approfondito di uno o più casi semplici si desumono le così dette leggi elementari (per lo più sotto forma di relazioni differenziali), le quali caratterizzano il fenomeno, ridotto, in certo modo, ai minimi termini, limitato cioè ad un campo e ad una durata infinitamente piccoli.

A questo primo stadio, eminentemente induttivo, presiedono criteri di semplicità e di convenienza, potendosi in generale escogitare infinite leggi elementari compatibili coi fatti (integrali) dai quali si parte. Spetta agli stadi successivi confermare o infirmare le ipotesi scelte.

2° - **Deduzione.** — Qui interviene tutta l'efficacia dello strumento matematico, che permette di raggruppare a piacere elementi di spazio e di tempo, ricomponendo nella sua integrità ogni fenomeno comunque complesso, per cui valgono le leggi elementari.

3° - **Verificazione.** — Si sottopongono le previsioni del calcolo a diretto o indiretto controllo sperimentale.

Quando l'accordo è soddisfacente, le ipotesi acquistano definitivo diritto di cittadinanza nella scienza; non come astrazione metafisica, ma per quello che valgono, cioè per la giustificata fiducia che anche ulteriori eventuali applicazioni condurranno a conseguenze attendibili.

[1] Rapporto presentato al primo congresso della Società italiana per il progresso delle scienze (Parma, Settembre 1907).

Tale è lo schema classico, che domina tutta la fisica matematica. Ho cercato di rispettarlo anche nel rapporto, che mi onoro di presentarvi, sulle azioni meccaniche connesse ai fenomeni elettromagnetici.

Leggi elementari e loro sintesi secondo Lorentz.

Una pallina elettrizzata, la quale si trovi in un campo elettrostatico, subisce una forza meccanica, notoriamente caratterizzata dalla legge elementare di Coulomb.

Se al campo elettrostatico si sovrappone un campo magnetico, nessuna variazione interviene nella forza che sollecita la pallina, *finchè essa sta ferma.* (Si esclude beninteso che la pallina sia costituita da materiale magnetico o magnetizzabile per influenza in modo sensibile). Ma quando la pallina si muove, la sua carica diviene assimilabile ad un elemento di corrente. Come tale rientra nell'ambito di un'altra legge ben nota, la legge di Biot e Savart, e subisce per conseguenza un'ulteriore forza meccanica da parte del campo magnetico.

Componendo queste due forze, si ha una legge elementare di azione meccanica, che si estende facilmente, dal caso dei due campi sovrapposti, ad un qualsiasi campo elettromagnetico.

Così generalizzata, la legge prende opportunamente il nome di *legge di Lorentz.*

Cariche puntiformi.

La legge elementare di Lorentz si riferisce beninteso a cariche, che occupano un volume infinitesimo.

Per questa ragione la legge stessa trova applicazione *immediata* in tutti e soli quei casi, in cui è lecito prescindere dalle dimensioni della carica, ossia, come si suol dire, si tratta di cariche puntiformi.

In generale questo passaggio al limite non è affatto lecito, come ora constateremo; ma non c'è alcuna difficoltà concettuale a tener debito conto dell'estensione delle cariche.

Basta scindere in elementi infinitesimi: la corrispondente forza meccanica si valuta per ciascuno di essi nel modo accennato, e non c'è che da sommare (o, se si vuole, da integrare) i singoli contributi.

Riflessioni critiche.

Cerchiamo di renderci conto dei limiti, entro cui una particella elettrizzata, che si muove in un campo elettromagnetico, può essere assimilata ad una carica puntiforme.

Diciamo S lo spazio effettivamente occupato dalla carica in un istante generico. Manifestamente è necessario e basta che, fra i vari punti di S, non vi sia distinzione sensibile, nè di posizione, nè di velocità, nè di comportamento elettromagnetico.

Le prime due condizioni, di carattere cinematico, sono quelle solite, sotto cui il moto di un corpo riesce sufficientemente caratterizzato da quello di un suo punto qualsiasi. Su queste condizioni non è il caso di indugiarsi. Possiamo senz'altro supporre che esse siano largamente soddisfatte, e fissare la nostra attenzione sul comportamento elettromagnetico.

Se si potesse asserire che, entro S, sono trascurabili le variazioni del campo elettromagnetico, più precisamente che la massima variazione di forza elettrica entro S è trascurabile di fronte alla minima intensità, che ivi le compete, e analogamente per la forza magnetica, si sarebbe in diritto di riportarsi al caso limite della carica puntiforme. Ma disgraziatamente le variazioni del campo entro S sono tutt'altro che trascurabili; ed ecco perchè.

Il campo elettromagnetico può pensarsi dovuto alla sovrapposizione di due altri:

1° - Quello che si avrebbe indipendentemente dalla carica considerata: per es. il campo di un'elettro-calamita o di un condensatore a faccie piane, il campo magnetico terrestre, o addirittura un campo nullo, secondo le condizioni dell'ambiente, in cui ha luogo il movimento di S.

Lo diremo il *campo esterno.*

2° - *L'autocampo,* cioè il campo generato dalla carica, che si considera.

Nel caso particolare di una carica immobile, esso si riduce, come è ben chiaro, ad un semplice campo elettrostatico. Quando S si muove, la convezione provoca più generalmente un campo elettromagnetico (variabile).

Il campo esterno, a prescindere da situazioni eccezionali (come l'immediata vicinanza di punte o di spigoli, o più generalmente di sedi di elettricità o di masse magnetiche) può tranquillamente ritenersi costante entro lo spazio S: basta supporre in ciascun caso che le dimensioni di tale spazio siano abbastanza piccole.

Ma ciò non basta punto per l'autocampo. Già un esempio semplicissimo, quello in cui S sia una sfera immobile con carica uniformemente distribuita, ci fa toccare con mano che la variazione dell'autocampo entro S è tutt'altro che trascurabile. Dicansi infatti e la carica e R il raggio della sfera. È ben noto (e del resto evidente per ragione di simmetria) che la forza elettrica nel centro della sfera è nulla. Sul contorno, essa vale invece $\frac{e}{R^2}$, come

se tutta la carica fosse raccolta nel centro. La variazione è così $\frac{e}{R^2}$, addirittura uguale all'intensità massima in S; di più, a parità di carica, essa tende a crescere indefinitamente, quando si fa rimpicciolire il raggio R della sfera.

Analogo è naturalmente il comportamento qualitativo anche nel caso generale di una carica in moto, comunque distribuita.

Generalità sul moto dell'elettricità.

Ne consegue che, per lo studio delle forze agenti sopra una determinata quantità di elettricità, non si può procedere secondo le tradizioni della meccanica ordinaria, perchè manca la semplificazione corrispondente al punto materiale.

Volendo prendere la questione di fronte, senza ricorrere a scappatoie, bisognerebbe discutere addirittura il movimento di una massa continua di elettricità, ciascun elemento essendo solidale cogli altri per lo scambio di azioni elettromagnetiche.

Ognun vede come un tale problema, preso nella sua generalità, debba essere notevolmente complicato. A prescindere da difficoltà specifiche, sarebbe come se, nella meccanica ordinaria, si dovesse cominciare dall'analisi del continuo (sistemi deformabili).

La vera posizione del problema rimane tuttavia quella accennata; essa va tenuta presente, non foss'altro come sicuro criterio direttivo. Dirò di più che soltanto incamminandosi risolutamente per la via maestra sembra ormai possibile un vero progresso teorico.

Ma di ciò ci renderemo conto più innanzi. Conviene intanto precisare i termini della questione, e prendere conoscenza dei risultati già acquisiti, seguendo — mi si consenta l'immagine topografica — dei sentieri, che, se non toccano ancora la sommità, hanno però raggiunto più posti, donde si domina un largo orizzonte.

Intervento del principio fondamentale della dinamica.

Riprendiamo la nostra particella elettrizzata, la quale occupi uno spazio S di estensione finita. La carica totale della particella, che può essere positiva o negativa, sia e in valore assoluto.

In un generico elemento di volume dS risiederà una certa carica elementare de e inoltre una certa massa materiale dm; (naturalmente non è escluso che de o dm possano talora esser nulli).

Consideriamo le forze agenti sull'elemento, mettendoci per un momento nelle condizioni più generali possibili. Così potremo meglio apprezzare la portata delle varie ipotesi semplificatrici.

Avremo anzitutto la forza f, dovuta al campo elettromagnetico esterno ($f = 0$, se il campo elettromagnetico è interamente creato dalla carica e); poi la forza φ dell'autocampo, cioè quella che de subisce da parte degli altri elementi costituenti la carica; poi finalmente un'ulteriore forza ψ, in cui intendiamo compendiate tutte le altre azioni a priori possibili (per es.: peso, azioni molecolari, reazioni provenienti da eventuali vincoli, ecc.). f, φ, ψ designano altrettanti vettori. La loro somma

$$f + \varphi + \psi$$

rappresenta, per definizione, la forza totale, che si esercita in dS.

Detta α l'accelerazione dell'elemento, avremo, per il principio fondamentale della dinamica,

$$dm \cdot \alpha = f + \varphi + \psi. \tag{1}$$

Sommiamo questa relazione vettoriale con tutte le analoghe relative agli altri elementi di S. Nel primo membro, designando con m la massa totale situata entro S, e con a l'accelerazione del baricentro, si ottiene, come è ben noto,

$$m \cdot a.$$

Se poi si chiamano: F la risultante delle forze f, dovute al campo elettromagnetico esterno, Φ la risultante delle forze φ dell'autocampo. Ψ la risultante delle forze complementari ψ, si ha la formula

$$m \cdot a = F + \Phi + \Psi, \tag{2}$$

da cui prenderemo le mosse per la nostra discussione.

Teoria elementare (di Schuster). [1]

Nel caso particolare di una carica immobile (del resto comunque distribuita)

$$\Phi = 0.$$

Infatti le azioni elettrostatiche φ fra le varie cariche elementari sono caratterizzate dalla legge di Coulomb, e quindi a due a due eguali ed opposte.

Quando si tratta di una carica in moto, le forze φ dell'autocampo non seguono più in generale il principio della reazione eguale ed opposta all'azione, perchè la propagazione da un elemento ad un altro esige un certo tempo, ciò che, in regime variabile, turba di regola il compenso.

[1] *The discharge of electricity through gases.* « Proc. of the Royal Society », **47**, 20 Marzo 1890.

In una trattazione rigorosa, bisogna dunque tenere esatto conto di Φ. In prima approssimazione si può tuttavia ragionare come segue: Dacchè Φ è nulla, quando l'elettricità sta ferma, si conserverà, per ragioni di continuità, poco diversa da zero, finchè la velocità sia abbastanza piccola, e allora risulterà trascurabile di fronte ad F.

Se poi si tratta del movimento di una carica nel vuoto o in un gas molto rarefatto, si potrà ritenere ogni ψ, e quindi Ψ, eguale a zero. Infatti peso e pressione risultano in tal caso trascurabili, e non c'è alcuna ragione perchè si debba preoccuparsi d'altre forze. Del resto, anche senza escludere a priori eventuali azioni ulteriori, basta che esse verifichino il principio di reazione, perchè riesca $\Psi = 0$.

Rimane pertanto

$$m \cdot a = F, \tag{3}$$

dove F va esplicitato a norma della legge di Lorentz.

Ricordiamo che l'ostacolo essenziale a trattare una carica come puntiforme proveniva dall'autocampo. Essendone scomparsa ogni traccia, nella (3), nulla più vieta di assimilarvi la particella ad un unico punto elettrizzato.

Ciò ha perfetto riscontro in quanto si fa correntemente pei corpi celesti, salvo che allora si ritiene valido in ogni caso il principio di reazione, e quindi non è ipotesi approssimata, ma conseguenza del postulato, il porre eguale a zero il termine corrispondente a Φ (risultante delle attrazioni newtoniane di origine interna).

Nel caso, particolarmente interessante per le applicazioni, di un campo elettromagnetico (esterno) costante, la (3) si integra in modo affatto elementare.

Ricerche sui raggi catodici. [1]

Un'applicazione importante di questo modo di vedere è stata fatta ai raggi catodici, in quanto si risguardino costituiti da sciami di particelle elettrizzate, proiettate dal catodo di un tubo di Crookes; e si ammetta la validità della (3) per ogni singola particella.

Ponendo a raffronto le conseguenze della (3) colle circostanze di fatto, si rende subito conto del normale andamento rettilineo dei raggi catodici; supponendo poi — ciò che fu sperimentalmente

[1] J. J. Thomson, *On cathode rays*, « Phil. Mag. », (5), **44**, Ottobre 1897; inoltre Kaufmann, Lenard, Wiechert, Simon. Cfr. gli « Annalen der Physik », vol. **61** a **69**, 1897-1899, oppure la collezione « *Ions, électrons, corpuscules* », Paris, Gauthier-Villars, 1905.

dimostrato da Perrin [1] — che la carica sia negativa, si spiegano perfettamente tutte le deviazioni, che si osservano, quando si porta il tubo in un campo elettrostatico o in un campo magnetico (uniformi e normali all'asse del tubo), oppure lo si sottopone all'azione combinata di due tali campi.

Da questi raffronti si ricava in particolare la determinazione di due elementi importanti: il rapporto $\frac{e}{m}$ fra la carica (più precisamente il valore assoluto della carica) e la massa delle varie particelle costituenti la radiazione; la loro velocità media.

Quest'ultima risulta compresa fra $^1/_{10}$ e $^1/_3$ della velocità della luce. Il rapporto $\frac{e}{m}$ si trova essere (come media delle varie determinazioni) 1800 volte η, essendo η la così detta costante di Faraday.

Si rammenti che tale costante η è il rapporto fra carica e massa materiale, caratteristico dei fenomeni elettrolitici. Se, in uno qualunque di questi, l'ione idrogeno migra ad un elettrodo, si ha sempre η come rapporto fra la carica trasportata convettivamente e la corrispondente massa. Per un altro qualsiasi gruppo, messo in libertà dall'elettrolisi, l'analogo rapporto vale $\frac{\eta}{\nu}$ (ν equivalente chimico del gruppo).

Raggi affini ai catodici - Discussione dei risultati sperimentali e conseguente abbandono della teoria elementare.

Le leggi fondamentali dell'elettrolisi diventano intuitive, se si suppone che ogni atomo materiale sia suscettibile di trasportare una carica ben determinata, dipendente soltanto dalla sua costituzione chimica.

Questa ipotesi mal si concilia colla precedente spiegazione dei raggi catodici.

Infatti le particelle, che li costituiscono, sarebbero, secondo le cose esposte, dotate di un nucleo materiale, e questo dovrebbe ragionevolmente provenire da sostanze, che si trovano nel tubo di Crookes. Si tratterebbe quindi del gas, che vi è stato rarefatto, o di frammenti tenuissimi del catodo.

Ma in tal caso sarebbe strano che i vari atomi di sostanza fossero capaci di cariche molto superiori a quelle, che essi comportano nelle migrazioni elettrolitiche (circa 1800 volte maggiori, se si tratta di atomi di idrogeno).

[1] Cfr. per es. l'art. *Électrisation des rayons cathodiques, ecc.*, nel T. 2° della collezione testè citata.

E ciò tanto più che le stesse leggi di Faraday suggeriscono spontaneamente un'ipotesi atomica anche per l'elettricità: la costanza di rapporto fra carica e massa rende infatti plausibile l'esistenza di un quantum primordiale di elettricità (elettrone), indivisibile al pari dell'atomo materiale.

L'andamento quantitativo dei fenomeni elettrolitici non sarebbe altro che l'aspetto macroscopico del fatto elementare che ogni atomo materiale è atto ad assumere uno ed un solo elettrone per ciascuna valenza.

Perchè, nei raggi catodici, la facoltà, diciamo così, assorbente degli atomi diverrebbe di tanto maggiore? E perchè ancora sarebbe variamente alterata secondo la natura chimica dell'atomo, sì da portare $\frac{e}{m}$ al medesimo livello per tutti, mentre, quando si tratta di fenomeni elettrolitici, questo rapporto è inversamente proporzionale all'equivalente chimico?

Si noti che una circostanza, sperimentalmente accertata in più modi, è l'identico comportamento dei raggi catodici (per un dato stato di rarefazione), qualunque sia la natura del gas e degli elettrodi. Se vi fosse quel certo bombardamento di particelle materiali, una qualche differenza secondo la sostanza dei proiettili dovrebbe pur rendersi sensibile.

Ecco infine un altro elemento di giudizio, assai significante.

La (3) può applicarsi anche ad altri tipi di radiazioni: per es. ai raggi — studiati da Righi [1], Lenard [2], J. J. Thomson [3] — i quali vengono emessi da superficie metalliche elettrizzate negativamente, quando sono esposte alla luce ultravioletta, oppure da filamenti di carbone, resi incandescenti nell'idrogeno.

Considerando anche in questi casi le radiazioni come dovute a bombardamenti di particelle negative, si trovano per il rapporto $\frac{e}{m}$ valori sempre prossimi a quello che corrisponde ai raggi catodici (1800 η).

Da tutto questo emerge che la (3), senza trovarsi in aperta contradizione con fatti osservati, non porge però un' immagine soddisfacente delle più immediate induzioni che i fatti stessi suggeriscono.

Non è il caso di meravigliarsene, attesa la approssimazione

[1] *Sui fenomeni elettrici provocati dalle radiazioni*, « Nuovo Cimento », (3), volumi **24** a **27**, 1888-1890. — *Sulla convezione elettrica*, « Rendiconti dei Lincei », (4), **6**, 2 Marzo 1890. — *Sulle traiettorie percorse nella convezione fotoelettrica*, ibidem, 3 Agosto 1890.

[2] *Erzeugung der Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht*, « Annalen der Physik », (4), **6**, 1900.

[3] *On the mass of the ions ecc.*, « Phil. Mag. », (5), **48**, Dicembre 1899.

un pò troppo semplicista, in base alla quale abbiamo supposto $\Phi = 0$, estendendo al caso di una carica in moto il compenso delle azioni interne, che ha luogo in elettrostatica.

Conviene perciò approfondire l'influenza dell'autocampo.

Ricerche di Abraham [1] e di Sommerfeld [2] - Movimenti quasi-stazionari.

Riprendiamo la formula

$$m \cdot a = F + \Phi + \Psi, \tag{2}$$

senza trascurarvi alcun termine. Nel primo membro sta il prodotto della massa materiale m della carica e, che si considera, per l'accelerazione del rispettivo baricentro.

Il secondo membro è assai più complicato: specialmente il termine Φ, che è la risultante delle azioni mutue dei singoli elementi de. Si tratta di azioni, che dipendono dalla posizione e dalla velocità, con l'aggravante che neppure si possono considerare stati di moti sincroni per tutti gli elementi, ma si deve tener presente che l'azione di un generico elemento potenziante impiega del tempo a propagarsi, e quindi, per arrivare in un certo istante all'elemento potenziato, deve essere partita con debita anticipazione. Φ dipende insomma dallo stato di moto dei singoli punti della carica, non solo nell'istante attuale, ma anche in un intervallo di tempo ad esso anteriore; certo assai breve, date le dimensioni, generalmente molto piccole, della carica e la grande velocità di propagazione, ma pur sempre finito.

In queste condizioni, non si può pretendere di trarre a fil di logica da una sola relazione di insieme, come è la (2), alcuna previsione concreta sull'andamento del moto.

Il problema, preso nella sua integrità, esigerebbe la considerazione simultanea di tutte le (1) per ogni punto geometrico dello spazio occupato dalla carica.

Per semplificare e per sfruttare la (2) nel miglior modo, ricorreremo all'artificio di introdurre qualche ipotesi complementare, intuitivamente accettabile senza ripugnanza.

A dir il vero, un primo tentativo in questo senso lo abbiamo già fatto, provandoci a supporre che seguiti a sussistere il principio di reazione ($\Phi = 0$); ma abbiamo riconosciuto che l'ipotesi

[1] *Theorie der Elektricität*, vol. II (*Elektromagnetische Theorie der Strahlung*), Leipzig, Teubner, 1906, Cap. III.

[2] *Zur Elektronentheorie*, I, II, III, « Göttinger Nachrichten », 1904-1905. — *Simplified deduction of the field, ecc.*, « Ak. van Wetenschappen te Amsterdam », *Proceedings....* (ediz. inglese), Novembre 1904.

non è sostenibile. Si tratta ora di esperirne qualche altra, meno grossolana.

Un criterio perfettamente ragionevole è il seguente:

Immaginiamo che la carica mobile possegga un nucleo materiale e che questo sia costituito da un *coibente solido.*

Allora il modo di distribuzione della carica entro il solido non si altera durante il movimento. L'elettricità, al pari della materia, si muove come se i vari elementi fossero rigidamente collegati fra loro.

Ci si trova per conseguenza ridotti a caratterizzare il moto di un sistema rigido, coll'unica complicazione, rispetto agli ordinari problemi di questo tipo, che le forze vengono ora a dipendere anche dalla storia anteriore del mobile. Il problema ha sei gradi di libertà, nel senso che tutto è esprimibile in funzione di sei parametri: tre, che servono a fissare la posizione nello spazio di un punto del solido, diciamo il baricentro; e tre, che individuano l'orientazione del solido attorno a questo punto.

Per determinare questi sei parametri in funzione del tempo, basta procurarsi sei equazioni, che non contengano ulteriori incognite.

Nelle (1), valide per ciascun elemento, appariscono le ψ, le quali compendiano tutto ciò, che non ha origine elettromagnetica. Dato il tipo di problemi, che vogliamo studiare, basterà attribuire alle ψ il significato di reazioni provenienti dai vincoli di rigidità. Esse si eliminano, formando le solite combinazioni, dette delle quantità di moto (o del moto del baricentro) e dei momenti (equazioni cardinali, secondo Maggi).

Le tre combinazioni, esprimenti il principio del moto del baricentro, sono compendiate dalla (2), colla avvertenza che va posto eguale a zero l'ultimo termine Ψ (risultante delle azioni vincolari), sicchè resta

$$m \cdot a = F + \Phi. \tag{4}$$

Le altre tre combinazioni (dei momenti) si compendiano anch'esse in una relazione vettoriale, che indicherò brevemente con

$$M = 0. \tag{5}$$

Lo studio rigoroso delle (4), (5) si deve specialmente [1] al signor Sommerfeld, che ha superato con ingegnosi artifici notevoli diffi-

[1] Va pur ricordato un lavoro del Sig. SCHWARZSCHILD, *Über die Bewegung des Elektrons*, « Göttinger Nachrichten », 1903, che ha lo scopo precipuo di discutere matematicamente l'influenza della rotazione sul moto di una carica elettrica. La conclusione è che, nei limiti delle attuali esperienze, si può tranquillamente prescindere dalla rotazione, senza commettere sensibili errori.

coltà analitiche, sviscerando il caso di una sfera elettrizzata uniformemente, con distribuzione sia di volume che superficiale.

Prima ancora di queste ricerche di Sommerfeld, il sig. Abraham aveva avuto un'idea felice, che gli permise di semplificare enormemente la trattazione del problema, pur raggiungendo tutta la desiderabile approssimazione.

Abraham ha trovato, per dir così, un giusto mezzo fra il computo rigoroso dell'autocampo e l'arbitraria estensione del principio di reazione (dal caso elettrostatico, in cui vale rigorosamente, al caso generale).

Il criterio direttivo si può sintetizzare come segue:

La risultante Φ e così il momento risultante delle forze dell'autocampo si possono presentare (Poincaré) [1] sotto forma di derivate esatte, rispetto al tempo, di due certi vettori Q e K (risultante e momento risultante delle così dette quantità di moto elettromagnetiche). Q e K dipendono a rigore, al pari delle forze elettromagnetiche, da stati di moto, che spettano a punti della carica, anche in istanti precedenti a quello generico, che si considera.

Ma non si commette un grave errore, valutando questi due vettori come se il movimento della carica fosse stazionario, colle caratteristiche, che gli competono nell'istante attuale. Ottenuti in tal modo Q e K, si lascia cadere l'ipotesi provvisoria della stazionarietà, e si deriva rispetto al tempo, riguardando variabili, come generalmente sono, le caratteristiche del moto rigido.

È ben naturale di chiamare quasi-stazionari quei movimenti, ai quali è applicabile codesto procedimento con approssimazione sufficiente. Abraham ne ha fissato i limiti in modo preciso. Noi non lo seguiremo nella sua analisi, accontentandoci di mettere in luce l'ingegnosità dell'artificio.

Trattare il movimento come stazionario (cioè trascurare l'accelerazione) in tutto il computo delle forze elettromagnetiche sarebbe press'a poco quanto trascurare addirittura l'autocampo. (Infatti, in ogni moto traslatorio uniforme, risultante e momento risultante delle forze dell'autocampo riescono rigorosamente nulli).

Col procedimento di Abraham, le forze vengono valutate tenendo conto, almeno parzialmente, anche dell'accelerazione.

Per i movimenti, che si possono riguardare qnasi-stazionari, le equazioni (4) e (5) perdono il carattere funzionale, che le rende così poco maneggevoli.

Infatti anche i secondi membri vengono in tal caso a dipendere dal moto, soltanto pel tramite delle velocità e accelerazioni

[1] Cfr. per es. *Électricité et optique*, Paris, Carré et Naud, 1901, pag. 448-451; oppure ABRAHAM, loco cit., pag. 23-36.

dei punti del sistema, relative all'istante generico, che si considera. Ci troviamo insomma di fronte ad un ordinario problema di dinamica del solido, in cui le forze dipendono anche dalla accelerazione. Per verità, negli esempi più comuni, le leggi delle forze dipendono esclusivamente dalla posizione e dalla velocità; non è però senza precedenti il fatto che intervenga anche l'accelerazione.

Basta pensare al caso del moto di un solido entro un liquido perfetto.

Le pressioni del liquido sulle pareti del solido danno luogo a forze addizionali (oltre a quelle direttamente applicate), che dipendono dalle accelerazioni delle molecole fluide, cioè in definitiva (essendo il moto del liquido subordinato a quello del solido) dalle velocità e accelerazioni del solido. In queste condizioni si presenta un fenomeno tipico, del resto ben prevedibile. L'influenza del liquido circostante aumenta l'inerzia del solido; ad es., nel caso di una sfera in moto rettilineo, le cose vanno come se il movimento (sotto l'azione delle forze applicate e di quelle che agirebbero sul liquido spostato) avesse luogo nel vuoto, essendo però aumentata la massa della sfera di una metà della massa del liquido spostato.

Questo richiamo idrodinamico ci lascia presumere analoghi effetti da parte delle forze dell'autocampo.

Massa elettromagnetica longitudinale e trasversale.

Cerchiamo di precisare, mettendoci nelle circostanze più semplici.

Supponiamo che si tratti di una sferetta omogenea, elettrizzata uniformemente.

Sotto condizioni, che, per brevità, tralascio di specificare, si può supporre il moto puramente traslatorio. Per la sua determinazione basta allora la (4), la (5) risultando identicamente soddisfatta. Il vettore Φ si esplicita senza difficoltà. Dicendone Φ_T la sua componente tangenziale o longitudinale (cioè nel senso del moto), e Φ_n una componente normale o trasversale (cioè secondo una qualsiasi direzione perpendicolare alla velocità), si trova:

$$\begin{cases} \Phi_T = - m_0 \chi_1(\beta) a_T, \\ \Phi_n = - m_0 \chi_2(\beta) a_N, \end{cases}$$

dove a_T ed a_N sono le analoghe componenti dell'accelerazione; β è il rapporto fra la velocità (in generale variabile) della sfera e la velocità c della luce; χ_1 e χ_2 sono due funzioni del solo

argomento β, le quali si riducono all'unità per $\beta = 0$; infine

$$m_0 = \frac{4}{5} \frac{e^2}{c^2 R} \tag{6}$$

(e valore assoluto della carica in unità elettrostatiche, R raggio della sfera).

Ciò premesso, proiettiamo la relazione vettoriale (4) nella direzione del moto e in una generica direzione ortogonale, designando con F_T, F_n le relative componenti del vettore F (risultante delle forze provenienti dal campo elettromagnetico esterno). Ove si ponga per brevità

$$\begin{cases} m_1 = m + m_0 \chi_1(\beta), \\ m_2 = m + m_0 \chi_2(\beta), \end{cases} \tag{6'}$$

$$F_T = m_1 a_T, \tag{7}$$

$$F_n = m_2 a_n. \tag{8}$$

Come si vede, il rapporto fra forza (esterna) e accelerazione vale m_1 nel senso del moto, e vale invece m_2 per una generica direzione perpendicolare.

Nella meccanica ordinaria (quando cioè non intervengono forze di origine elettromagnetica e non c'è quindi autocampo), il rapporto fra forza e accelerazione è sempre il medesimo in qualsiasi direzione: la massa, carattere intrinseco del mobile, indipendente in particolare dalla velocità.

Qui abbiamo invece, per usare la terminologia di Abraham, una massa longitudinale m_1 e una massa trasversale m_2, distinta in generale dalla prima. Entrambe poi dipendono essenzialmente dalla velocità, oltre che da caratteri intrinseci della carica mobile (la massa materiale m, la carica e, il raggio R).

Caso particolare già previsto da J. J. Thomson [2] - Applicazione ai raggi catodici ed affini - Opportunità di escludere qualsiasi intervento di materia ponderabile.

Per velocità piccolissime rispetto a quella della luce, β è sensibilmente zero, ed m_1, m_2 si riducono entrambe al valore comune e costante $m + m_0$.

[1]
$$\chi_1(\beta) = \frac{3}{4\beta^2} \left\{ -\frac{1}{\beta} \log \frac{1+\beta}{1-\beta} + \frac{2}{1-\beta^2} \right\},$$

$$\chi_2(\beta) = \frac{3}{4\beta^2} \left\{ \frac{1+\beta^2}{2\beta} \log \frac{1+\beta}{1-\beta} - 1 \right\}.$$

[2] *On the electric and magnetic effects produced by the motion of electrified bodies*, « Phil. Mag. », (5), 11, Aprile 1881.

Questo caso limite, cui si è condotti da intuizioni molteplici [1], ha più stretta analogia col moto di una sfera in un liquido perfetto.

L'effetto dell'autocampo equivale in definitiva ad una inerzia addizionale di origine elettromagnetica, misurata dalla espressione (6) di m_0.

L'equazione vettoriale (4), o le equivalenti (scalari) (7), (8), riprendono di conseguenza la forma tipica

$$(m + m_0)\, a = F. \tag{4'}$$

Soffermiamoci un momento su queste velocità limitate, per cui χ_1 e χ_2 si possono confondere coll'unità. Anzitutto va notato che la cosa è lecita in un ambito abbastanza largo. Basta per es. che si tratti di velocità non superiori ad un terzo della velocità della luce (che è precisamente il massimo ordine di grandezza, già trovato per i raggi catodici, quando si trascurava l'autocampo) perchè l'errore resti al disotto del 5 %.

La (4') differisce dalla (3) soltanto per questo: il coefficiente m, che compare nella (3), è sostituito nella (4) da $m + m_0$.

Ricordiamo che, ammessa la validità della (3), nel caso dei raggi catodici ed affini, eravamo giunti alle conclusioni seguenti:

a) I fatti sperimentali sono benissimo rappresentati dalle formule;

b) La velocità delle particelle è compresa fra $^1/_{10}$ e $^1/_3$ della velocità della luce;

c) Il rapporto fra la carica e la massa materiale è (in media) 1800η, cioè 1800 volte quello corrispondente ai fenomeni elettrolitici.

L'intervento dell'autocampo (ridotto a quel minimo, di cui ora ci occupiamo) lascia evidentemente sussistere le conclusioni *a)* e *b)*, e modifica la *c)*, fornendo il valore 1800η per il rapporto $\frac{e}{m + m_0}$, anzichè per $\frac{e}{m}$.

La modificazione è eccezionalmente importante perchè toglie lo stridente contrasto della *c)* colla concezione atomica della materia, e rende pressochè incontestabile la conclusione che ***i raggi catodici ed affini provengono dal trasporto di cariche elettriche negative senza nucleo materiale.***

Proviamoci infatti ad ammettere che un nucleo materiale vi sia. Le cose andrebbero ancor peggio di quando si trascurava

[1] Ad es. per via energetica, come si può vedere in J. J. THOMSON, *Elettricità e materia*, (traduzione italiana di G. FAÈ, Milano, Hoepli, 1905), pag. 24; o più diffusamente nella memoria del Prof. RIGHI, *Sulla massa elettromagnetica*, « Nuovo Cimento », (5), **12**, 1906.

l'autocampo. Se allora era 1800η la carica per unità di massa materiale, la stessa carica spetterebbe adesso all'unità di massa apparente $m + m_0$. Ma, per $m + m_0 = 1$ ed m_0 non addirittura trascurabile, la massa materiale m, cui compete la carica 1800η, risulta più piccola dell'unità; la carica specifica sarebbe perciò maggiore di 1800η.

L'inconveniente di dover attribuire ad atomi materiali cariche di gran lunga superiori a quelle, di cui li indicano capaci i fenomeni elettrolitici, scompare immediatamente tosto che si rinunci ad attribuire alla carica mobile un substrato materiale, ammettendo invece che l'inerzia sia tutta di origine elettromagnetica.

Allora il rapporto

$$\frac{e}{m_0} = 1800\eta$$

non ha più nulla a che fare colla materia ponderabile, ma soltanto, in virtù della (6), colla carica e colle sue dimensioni.

Sostituendo per m_0 il valore (6), abbiamo dalla precedente espressione di $\frac{e}{m_0}$,

$$R = \frac{4}{5} \cdot 1800 \cdot \frac{e\eta}{c^2}. \tag{9}$$

Se ne trae una conseguenza interessante, ove si accetti la concezione atomistica dell'elettricità, secondo cui la carica elettrica primordiale ed indivisibile è l'elettrone (carica dell'ione elettrolitico monovalente) e le particelle costituenti le radiazioni (catodiche ed affini) sono altrettanti elettroni.

L'e della (9) ha allora invariabilmente il valore $3 \cdot 10^{-10}$ (in unità elettrostatiche), proprio dell'ione elettrolitico.

Si noti che la concezione atomistica è fortemente suffragata dal fatto che la carica degli ioni gasosi si riscontra pressochè identica a quella degli ioni elettrolitici [1].

Posto nella (9) $e = 3 \cdot 10^{-10}$, ove si tenga conto che, in unità elettrostatiche, η vale $9660 \cdot 3 \cdot 10^{-10}$, o, in cifra tonda, $10^4\, c$, si trova:

$$R = \frac{72}{50}\, 10^{-13},$$

[1] La effettiva determinazione di tale carica — che Sir OLIVER LODGE (*Electrons*, London, Bell, 1906, pag. 79), non esita a dichiarare uno dei più brillanti risultati della moderna fisica sperimentale — è dovuta ai Sigg. J. J. THOMSON e C. T. R. WILSON, e fu poi perfezionata e semplificata dal Sig. H. A. WILSON (*A determination of the charge on the Ions, etc.*, « Phil. Mag. », (6), **5**, Aprile 1903). Tutte queste ricerche sono fondate sopra uno speciale fenomeno: la condensazione e conseguente precipitazione del vapor acqueo, che si produce in aria purissima, soprassatura, quando venga attraversata da scariche o da radiazioni elettriche.

ossia 10^{-13} *cm. come ordine di grandezza delle dimensioni di un elettrone.*

Le dimensioni di un atomo di materia ponderabile si valutano invece dell'ordine di 10^{-8} cm. [1], talchè la concentrazione dell'elettricità negativa, sciolta da ogni vincolo materiale, risulta circa 100000 volte maggiore di quella, che essa possiede quando è carica atomica.

La piccolezza delle dimensioni degli elettroni rispetto agli atomi ponderabili rende ragione intuitiva della penetrazione dei raggi catodici ed affini attraverso la materia, specialmente allo stato gasoso.

Infatti nei gas le molecole sono molto spaziate, il rapporto fra il volume degli interstizi e quello occupato dalle molecole potendosi ritenere dell'ordine di 10^4 [2].

Le coorti dei minutissimi elettroni possono così passare quasi indisturbate.

Raggi di elettricità positiva.

La nostra attenzione è stata finora rivolta a radiazioni di elettricità negativa. Sorge spontanea la domanda: Esistono fenomeni analoghi per l'elettricità positiva? Tali fenomeni sono stati effettivamente constatati (per quanto meno stabili e meno cospicui di quelli dovuti all'elettricità negativa): ad es. i raggi-canale di Goldstein, che si formano durante la scarica elettrica nei gas molto rarefatti, i raggi emessi da un filo rovente, previamente caricato di elettricità positiva, una delle tre specie di radiazioni caratteristiche dei corpi radioattivi (i così detti raggi α).

[1] Cfr. per es. JEANS, *The dynamical theory of gases*. Cambridge, University Press, 1904, pag. 340-341.

[2] Ammesso infatti, per una molecola, 10^{-8} cm. come ordine delle dimensioni lineari, il volume sarà dell'ordine di 10^{-24} cm.^{3}. D'altra parte, detta m_H la massa di un atomo di idrogeno, si ha $\frac{e}{m_H} = \eta$, da cui, sostituendo per e ed η i loro valori (3.10^{-10}, 10^4 c), risulta $m_H = 10^{-24}$ gr.

Se N è il numero delle molecole per unità di volume, $2m_H.N$ misura la massa dell'unità di volume, cioè la densità, che per l'idrogeno vale all'ingrosso 10^{-4}. Dall'eguaglianza $2m_H.N = 10^{-4}$ ricaviamo $N = 5.10^{19}$ (in buon accordo col valore fornito dalla teoria cinetica dei gas). Ciascuna molecola avendo un volume comparabile a 10^{-24} cm.^{3}, la frazione dell'unità di volume effettivamente occupata da idrogeno, è $N.10^{-24}$, cioè appena $\frac{2}{10000}$. Per gli altri gas, si ha un rapporto del medesimo ordine, dacchè N rimane lo stesso, conformemente all'ipotesi di Avogadro.

Wien [1], Ewers [2], J. J. Thomson [3] e Rutherford [4] hanno studiato questi tipi di radiazioni coi criteri già esposti per i raggi catodici ed affini. Confermato che si tratta di cariche positive, hanno stabilito (col solito criterio delle deviazioni elettrostatiche e magnetiche) che il valore di $\frac{e}{m}$, diciamo più precisamente di $\frac{e}{m + m_0}$, immaginando di tenere il debito conto dell'autocampo, è dell'ordine di η, anzi spesso più piccolo (molto prossimamente le metà per i raggi α), mentre si è visto che, per le radiazioni negative, è circa 1800 volte maggiore.

Inoltre — riferiamoci per es. ai raggi-canale — è stato trovato che $\frac{e}{m + m_0}$ varia colla natura degli elettrodi e del gas nel tubo di scarica. In questa condizione di cose, vengono meno le ragioni, che, nel caso delle radiazioni di elettricità negativa, avevano indotto ad escludere ogni intervento di materia ponderabile. Qui anzi (data la accennata dipendenza delle radiazioni dalle sostanze in cui presenza si producono), l'ipotesi più probabile è che si tratti di vere e proprie particelle materiali, cariche di elettricità positiva.

Un valido argomento a favore sta nella circostanza che il valore — diciamo η_1 — di $\frac{e}{m + m_0}$, pur variando da caso a caso, fu riscontrato sempre minore di η, come esige l'ipotesi atomica. Infatti, secondo tale ipotesi, $\frac{e}{m}$ dovrebbe essere $\frac{\eta}{\nu}$ (ν equivalente chimico del nucleo materiale); perciò $\frac{e}{m} \leq \eta$. Ma $\frac{e}{m + m_0}$ è anche più piccolo di $\frac{e}{m}$, quindi a fortiori $\leq \eta$.

Dato per es. che si tratti di particelle di idrogeno, l'ipotesi atomica porge $\frac{e}{m} = \eta$. Eliminando m dalla $\frac{e}{m + m_0} = \eta_1$, si ottiene

$$\frac{e}{\frac{e}{\eta} + m_0} = \eta_1,$$

[1] *Untersuchungen über die elektrische Entladung in verdünnten Gasen*, « Annalen der Physik », **65**, 1898.

[2] *Zur Mechanik der Kanal- und Kathodenstralen*, « Annalen der Physik », **69**, 1899.

[3] *Conduction of electricity through gases*, Cambridge, University Press, 1903; pag. 119. — *Rays of positive electricity*, « Phil. Mag. », (6), **13** e **14**, Maggio e Settembre 1907.

[4] *The mass and velocity of the α particles.... — Mass of the α particles of Thorium* (in collaborazione con O. Hahn), « Phil. Mag. », (6), **12**, Ottobre 1906.

ovvero

$$m_0 = e\left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta}\right).$$

Ci troviamo quindi in grado (associando le due ipotesi che nei raggi positivi vi sia un nucleo materiale e che l'elettricità abbia struttura atomica), non soltanto di assegnare la complessiva massa apparente $m + m_0$, ma anche di distinguere in essa quanta parte si deve all'inerzia ordinaria e quanta parte all'inerzia elettromagnetica.

I raggi β del radio e le esperienze di Kaufmann. [1]

Una delle più brillanti applicazioni della teoria di Abraham è stata fatta da Kaufmann alle sue celebri esperienze sui raggi β del radio.

Delle esperienze preliminari avevano lasciato supporre che si trattasse di radiazioni di elettricità negativa, dotate di velocità superiori a quelle dei raggi catodici, anzi abbastanza prossime alla velocità della luce.

La semplificazione di attribuire all'autocampo un puro effetto di inerzia, risguardando $m_1 = m_2 = m + m_0$, non era dunque in alcun modo lecita. Kaufmann interpretò le sue esperienze adottando per la forza dell'autocampo l'espressione più completa, che figura nelle (7) ed (8).

Il materiale di osservazione risultò in eccellente accordo colle formule, ritenendovi addirittura $m = 0$.

Le corrispondenti velocità degli elettroni si trovarono comprese fra i 2/3 e i 9/10 della velocità della luce.

Fu appunto in seguito a tali significanti constatazioni che Kaufmann e Abraham annunciarono cinque anni or sono, e tutti oggi risguardano assodata, la costituzione puramente elettromagnetica dei raggi negativi, con esclusione d'ogni materia ponderabile, e pur con effetti di inerzia: identici agli ordinari finchè la velocità è abbastanza piccola, crescenti indefinitamente in grandezza e variabili in direzione al crescere della velocità stessa.

Le varie meccaniche degli elettroni. [2]

Non dimentichiamo il punto di partenza dei raffronti sperimentali e delle conseguenti induzioni.

[1] *Über die elektromagnetische Masse der Elektronen.* « Göttinger Nachrichten », 1902 e 1903.

[2] Nelle considerazioni che seguono, si può intendere per « elettrone » anche una generica carica elettrica, considerata a sè, senza pretendere che l'ammontare complessivo di essa sia proprio eguale al quantum elementare (carica dell'ione elettrolitico), già definito come elettrone.

Inizialmente abbiamo ammessa un'ossatura materiale rigida e coibente (con che la distribuzione dell'elettricità in ciascuna particella doveva senz'altro ritenersi invariabile durante il movimento), e abbiamo preso a considerare il caso di una sfera uniformemente elettrizzata.

Per rispecchiare le condizioni di fatto, siamo poi stati tratti ad adottare l'ipotesi limite che l'ossatura materiale sia evanescente.

La forma sferica e la distribuzione omogenea non sono, come ognuno intende, che ipotesi di comodo, atte ad agevolare il calcolo effettivo per giungere rapidamente ai numeri.

Concettualmente più significante è la rinuncia ad ogni substrato materiale. Finchè ce n'è uno, per quanto tenue, basta supporre, come abbiam fatto, che esso sia costituito da sostanza solida e coibente, perchè l'indeformabilità della carica, durante il movimento, si presenti come necessaria conseguenza.

Ma quando scompare la materia coibente, e l'elettricità è libera di obbedire ad ogni eventuale sollecitazione dinamica, non c'è a priori alcuna ragione perchè il moto debba proprio avvenire senza deformazione.

L'ipotesi della rigidità, come un'altra qualunque che introduca deformazioni di carattere prestabilito, lascia manifestamente insoddisfatti, e provoca la domanda: Donde provengono (quando si esclude ogni traccia di materia) questi vincoli cinematici? o, ciò che è lo stesso, come mai si introducono, per ciascun elettrone, forze vincolari di natura elettromagnetica, mentre si è ammesso che la forza elettromagnetica (totale), agente sopra un elemento generico, sia definita dalla legge di Lorentz? Per togliere la contraddizione, bisognerebbe considerare non un elettrone isolato, ma un gruppo, e supporre che, per un generico individuo J del gruppo, le forze vincolari siano precisamente quelle provenienti dagli altri elettroni (le forze esterne provenendo da cause addirittura estranee al gruppo, e l'autocampo dal solo elettrone J). Allora le cose andrebbero, come se si trattasse di elettroni isolati, sottoposti a legami (immateriali).

Sono questioni che, debitamente approfondite, riportano a quella posizione rigorosa del problema, che avevamo voluto evitare.

Si ricordi infatti che l'ipotesi del nucleo rigido coibente era stata introdotta per arrivare a previsioni concrete, utilizzando in parte la teoria, senza attenderne il completo svolgimento deduttivo, che appariva irto di difficoltà.

Alla stessa stregua conviene considerare le altre ipotesi complementari, che possono sostituire quella testè ricordata; per es. ogni ipotesi cinematica circa il comportamento degli elettroni, risguardati a priori come pura elettricità.

Stando così le cose, una discussione in astratto non avrebbe ragione di essere. Basta assicurarsi che si tratta in ogni caso di ipotesi non discoste dal vero. Si può allora legittimamente presumere che saranno altrettanto attendibili le loro conseguenze qualitative, e, quanto all'ordine di grandezza, anche i risultati numerici.

Per renderci conto delle varie ipotesi cinematiche, che sono state effettivamente proposte, consideriamo un generico elettrone in movimento. Supponiamolo di dimensioni tanto piccole (rispetto a quelle del campo in cui si svolge il moto) da poterlo senza errore sensibile trattare come infinitesimo.

Supponiamo d'altra parte — com'è perfettamente naturale in prima approssimazione, quando si tratta di movimenti aventi andamento continuo e regolare — che la deformazione, cui eventualmente sottostà l'elettrone durante il moto, possa anch'essa trattarsi come infinitesima.

Supponiamo infine, per fissar le idee, che l'elettrone abbia forma sferica all'inizio del movimento.

In queste condizioni — insegna la cinematica — l'elettrone non può far altro che assumere forma ellissoidica (vicina in ogni caso alla forma sferica), per quanto dipendente, in modo a priori incognito, dalle circostanze del moto. Qualunque ipotesi su tale dipendenza, purchè la deformazione si mantenga entro limiti abbastanza ristretti, può essere ragionevolmente esperita.

Di qua le diverse meccaniche degli elettroni.

Se si ammette la rigidità, si ha la *teoria di Abraham,* su cui già ci siamo intrattenuti, presentandola come caso limite di legami realizzati da una guaina solida e coibente. L'unica differenza sta nel punto di vista. Quello originale dell'A. — come del resto ogni meccanica degli elettroni — esclude a priori qualsiasi intervento di materia ponderabile.

La *teoria di Lorentz* [1] si ha supponendo che l'elettrone si schiacci alquanto nel senso del moto: precisamente, detto R il raggio della sfera iniziale, che esso divenga un ellissoide di rivoluzione, avente ancora R per raggio equatoriale, e $R\sqrt{1-\beta^2}$ per raggio polare (β rappresenta sempre il rapporto fra la velocità dell'elettrone e quella della luce).

Bucherer [2] e Langevin [3] considerano elettroni incomprimibili soggetti alla contrazione lorentziana: R_1, R_2 essendo i raggi equa-

[1] *Electromagnetic phenomena in a system moving, ecc.,* « Akademie van Wetenschappen te Amsterdam », *Proceedings....* (ediz. inglese), Aprile 1904. — ABRAHAM, loco cit., § 22.

[2] *Mathematische Einführung in die Elektronentheorie,* Leipzig, Teubner, 1904; pag. 57.

[3] *La physique des électrons,* « Revue générale des Sciences », 30 Marzo 1905.

toriale e polare dell'elettrone deformato, si deve avere per l'in compressibilità $R_1^2 R_2 = R^3$, il rapporto $\frac{R_2}{R_1}$ assumendosi eguale a $\sqrt{1-\beta^2}$, come nell'elettrone di Lorentz. Se ne trae

$$R_1 = R(1-\beta^2)^{-\frac{1}{6}}, \quad R_2 = R(1-\beta^2)^{\frac{1}{3}}.$$

Infine Poincaré [1] ha considerato un tipo di legame, che comprende tutti i precedenti come casi particolari. Egli ha discusso i vari casi sotto diversi aspetti, in special modo alla stregua di una certa trasformazione analitica, scoperta da Lorentz [2], che rispecchia (in senso alquanto più esteso dell'ordinario) il principio di relatività [3]: indipendenza dei fenomeni elettromagnetici da una traslazione di insieme.

Rispetto a queste varie teorie, sarà opportuno osservare che l'elettrone rigido di Abraham si presenta, assieme alla variante Bucherer-Langevin, più soddisfacente dal punto di vista energetico dell'elettrone di Lorentz.

Infatti, tanto per l'elettrone rigido, quanto per quello incomprimibile di Bucherer-Langevin, c'è accordo fra l'espressione della massa longitudinale, ottenuta per via energetica, e quella che risulta come rapporto fra forza e accelerazione.

Se si adotta invece l'ipotesi di Lorentz, l'accordo può essere raggiunto solo ammettendo che l'elettrone, oltre all'energia di origine elettromagnetica, possegga una certa provvista supplementare di energia intrinseca (di cui non si saprebbe assegnare la provenienza).

Viceversa l'ipotesi di Lorentz ha, su tutte le altre [4], il vantaggio di rispettare il principio di relatività (in senso esteso, come

[1] *Sur la dynamique de l'électron*, « Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo », **21**, 1906.

[2] Loco citato, oppure POINCARÉ, loco citato, § 1; sotto forma più elegante in MARCOLONGO, *Sugli integrali delle equazioni dell'elettrodinamica*, « Rend. dei Lincei », (5), **15**, 1 Aprile 1906.

[3] Cfr. le interessanti considerazioni sintetiche su questo principio istituite dal Sig. EINSTEIN (*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, « Annalen der Physik », (4), **17**, 1905). Per quanto concerne la elettrodinamica dei corpi in movimento, queste considerazioni mostrano che le ipotesi di LORENTZ sono le sole compatibili col principio *esteso* di relatività (si sa che, *nel senso ordinario*, ci sarebbe soltanto la teoria di HERTZ, atta a rispettarlo). — Va poi notato che il Sig. COHN (*Über die Gleichungen des elektromagnetischen Feldes für bewegte Körper*, « Göttinger Nachrichten », 1901) era pervenuto da qualche tempo, con felice intuizione formale, ad equazioni differenziali, che equivalgono (interpretazione a parte) alla teoria di LORENTZ. Veggasi in proposito: COHN, *Zur Elektrodynamik bewegter Systeme* (due note), « Berliner Berichte », 1904.

[4] Cfr. POINCARÉ, loco cit., § 7.

si è già accennato, cioè previa introduzione del tempo locale e della contrazione lorentziana nella direzione del moto).

L' importanza fondamentale di questo principio sta nel fatto che esso spiega a priori, in base alla teoria elettromagnetica della luce, il risultato negativo di tutte le esperienze ottiche tendenti a mettere in evidenza la traslazione terrestre.

Ultime esperienze di Kaufmann [1] - Desiderati di future ricerche - Loro relazione colla teoria di Larmor [2].

Come si vede, nessuna delle varie ipotesi cinematiche soddisfa senza riserve; viceversa (nei limiti di approssimazione, che si possono ragionevolmente pretendere) si trova che esse rappresentano tutte egualmente bene le esperienze di Kaufmann del 1902-1903, su cui fu saggiata, per la prima, la teoria di Abraham.

Nell' intento di decidere fra le varie teorie, Kaufmann stesso intraprese nel passato anno una serie di nuove e più delicate esperienze.

Queste sembrerebbero più favorevoli alle teorie di Abraham e di Bucherer-Langevin (senza notevoli differenze fra le due) che non alla teoria di Lorentz, compromettendo così implicitamente il principio di relatività e riaprendo la questione di un riconoscimento del moto assoluto mediante esperienze elettromagnetiche (o, in particolare, ottiche).

Tuttavia non bisogna dimenticare che le varie ipotesi sottoposte a controllo hanno tutte un carattere provvisorio e approssimativo.

Il fatto che esperienze più affinate rispondono meglio ad una piuttosto che ad un' altra va giudicato cogli stessi criteri di approssimazione, che hanno suggerito le ipotesi.

Per conseguenza non è il caso di ragionare come se l' elettrone, soggetto a vincoli cinematici, rispecchiasse rigorosamente la realtà fisica. In particolare cade così ogni illazione contraria al principio di relatività, che, a prima vista, sembrerebbe di poter trarre dalle ultime esperienze del Kaufmann.

Giova piuttosto assurgere ad una conclusione di massima. Ed è che i mezzi sperimentali si trovano già ora così perfezionati da superare in esattezza l' ambito comune alle varie ipotesi cinematiche.

D' altra parte esse sono tutte un po' gratuite, per quanto preziose in una prima approssimazione, come mezzo euristico.

[1] *Über die Konstitution des Elektrons*, « Annalen der Physik », (4), **19**, 1906.
[2] *Aether and matter*, Cambridge, University Press, 1900, cap. VI e appendice A.

Non è dunqne il caso di appellarsi all'esperienza per scegliere fra esse, ma sembra invece giunto il momento di abbandonare gli artifici di prima approssimazione, cercando di riprendere la teoria esatta, per attingervi approssimazioni ulteriori.

Un primo esempio di soluzione rigorosa è stato dato recentemente [1]. Esso lascia sperare che se ne troveranno anche altre rispecchianti le caratteristiche salienti del moto di un elettrone isolato, almeno quando questo è così piccolo che, tranne nei riguardi dell'autocampo, è assimilabile ad un punto.

La questione, così semplificata, dovrebbe essere accessibile per via asintotica: considerando cioè una carica, la quale tenda a concentrarsi in un punto geometrico (mobile) e determinando l'espressione asintotica dell'autocampo.

Tale concetto non è nuovo, trovandosi già nell'opera di Larmor [2] (associato ad una rappresentazione meccanica dell'etere e all'ipotesi che tutto sia governato dal principio della minima azione).

Però il Larmor non ha spinto la sua indagine fino alle ultime conseguenze matematiche, limitandosi ad un grado di approssimazione, che non supera quello comune alle varie ipotesi cinematiche.

È al di là di questo grado di approssimazione che importa ormai far giungere le ricerche teoriche.

Modello elettromagnetico della materia.

Mi sia consentito anche un accenno alle nuovissime speculazioni di J. J. Thomson [3] sulla costituzione degli atomi ponderabili. Secondo questo autore, un modello adeguato della molecola si ha immaginando una specie di nebulosa (molto rarefatta) di elettricità positiva, in cui si trovino immersi uno o più elettroni negativi (di carica complessiva eguale ed opposta a quella della nebula).

Un tale modello si giustifica come segue:

Dal numero degli elettroni negativi e dalla loro configurazione statica (o più generalmente dal carattere del loro moto stazionario) dipendono le diverse specie di materia ponderabile.

Le piccole vibrazioni attorno alle posizioni di equilibrio (o agli stati di moto stazionario), colle loro frequenze caratteristiche, fanno riscontro al comportamento delle linee spettrali.

[1] Cfr. la nota *Sur le mouvement de l'électricité sans liaisons, ni forces extérieures*, « Comptes Rendus », 19 Agosto 1907.

[2] Loco citato. Cfr. in particolare la pag. 265.

[3] Cfr. la già citata *Elettricità e materia*, cap. V, e due memorie del « Phil. Mag. », (6), 7, Marzo 1904; (6), 11, Giugno 1906. — È poi annunciata come imminente la pubblicazione di un apposito volume: *Corpuscolar Theory of Matter*, London, Constable, 1907.

Le collisioni catastrofiche di questi microcosmi elettrici e il loro atteggiarsi a nuove forme di equilibrio (o di moto stazionario) provocano i fenomeni chimici, rimanendo così aperto l'adito anche alle ipotetiche trasformazioni iperchimiche.

Se le collisioni, anche senza essere catastrofiche, sono accompagnate da vibrazioni impulsive o mettono in libertà degli elettroni, si hanno fenomeni di radioattività.

Le forze molecolari (sensibili soltanto a distanza piccolissima) trovano poi ovvia spiegazione nelle attrazioni e repulsioni elettromagnetiche. Queste risultano infatti trascurabili quando le molecole sono distanti (rispetto alle proprie dimensioni), perchè la carica totale di ogni molecola è nulla; possono invece esplicarsi in modo vario ed intenso (come si riscontra per le azioni molecolari) quando le molecole sono abbastanza vicine.

Tutto ciò, e altro ancora che potrebb'essere aggiunto, è senza dubbio brillante e suggestivo. Ma, se si cerca di precisare, sorgono numerose difficoltà.

Ravvicinamenti felici e punti deboli sono chiaramente riassunti, e discussi con larghe vedute nel libro già citato di Oliviero Lodge [1]. Non possiamo neppur sfiorare una tale critica, che mette in campo così larga varietà di fenomeni fisico-chimici.

Limitiamoci ad approfondire l'aspetto meccanico della questione.

Nei primi entusiasmi per la così detta spiegazione elettromagnetica dell'universo, si potè accontentarsi di una conclusione semplicista. Ecco qual era.

Una carica e, uniformemente distribuita entro una sfera di raggio R possiede, come abbiamo visto, una massa elettromagnetica, che, per velocità piccole rispetto alla velocità c della luce, si comporta in tutti i fenomeni meccanici come un'ordinaria massa materiale.

Essa ha per espressione

$$m_0 = \frac{4}{5} \frac{e^2}{c^2 R}. \tag{6}$$

Per forme e distribuzioni generiche (supposte condizioni tali che sia possibile un moto puramente transitorio, e velocità abbastanza piccole rispetto a quella della luce), si avrà ancora una massa elettromagnetica, che si comporta come una massa ordinaria. Designando con R il raggio della sfera di volume eguale a quello occupato dalla carica, si troveranno espressioni del tipo

$$m_0 = k \frac{e^2}{c^2 \cdot R}, \tag{10}$$

[1] *Electrons*, cap. XV e seguenti.

dove k, per ragione di dimensioni, è un puro numero, e può quindi dipendere da rapporti di grandezze (non da alcuna grandezza in sè): nella fattispecie, dalla forma geometrica dello spazio occupato dalla carica e, e dalla legge, con cui essa vi è distribuita.

Il modo più ovvio di rappresentarsi l'inerzia ordinaria come una manifestazione elettromagnetica sarebbe senz'altro di identificare il punto materiale ad una generica carica di dimensioni piccolissime, la massa rimanendo definita dalla (10).

Ma un tale procedimento è troppo superficiale. Una grave obbiezione, che mi fu messa in vista da Enriques, risiede nel fatto che esso non rispecchia la proprietà additiva della massa.

Possiamo riconoscerlo, considerando un caso particolare qualunque. Immaginiamo per es. una carica e, conformata a cubo e omogeneamente distribuita.

La (10) porge $m_0 = k\frac{e^2}{c^2 R}$. avendo k ed R determinati valori numerici. Prendiamo altri sette cubi identici, e formiamo un cubo di lato doppio. Avremo una nuova carica $8e$, collo stesso fattore di forma k, mentre R dovrà essere sostituito con $2R$.

Detta M_0 la massa di questo nuovo cubo, sarà, a norma della (10),

$$M_0 = k\frac{64 \cdot e^2}{c^2 \cdot 2R} = 32 m_0 . \tag{10'}$$

Se valesse la proprietà additiva, dovrebbe invece risultare $M_0 = 8m_0$.

Rimane dunque escluso che si possa rappresentarsi la materia ordinaria come una carica elettrica pura e semplice. In verità il modello di J. J. Thomson è già più raffinato; l'obbiezione seguita però a sussistere.

All'incontro può darsi che, considerando l'atomo ponderabile come un sistema complesso di moltissimi elettroni (secondo Thomson, non sarebbe così, ma ogni atomo consterebbe di un numero di elettroni comparabile al peso atomico), intervenga nella massa, definita elettromagneticamente, un qualche compenso statistico, che ristabilisca la proprietà additiva.

Ma queste non sono che vaghe congetture; sarebbe prematuro appoggiarvi una conclusione qualsiasi.

Per mio sentimento, lo confesso, sono piuttosto scettico, e affaccio una pregiudiziale.

Supponiamo per un momento che un modello elettromagnetico del tipo accennato si possa costruire senza contraddizione.

Avremo veramente realizzato un progresso speculativo, paragonabile a quelli, di cui la meccanica ci ha fornito i più luminosi esempi?

[Cito, per fissar le idee, la subordinazione delle leggi di Kepler alla più semplice e comprensiva legge di attrazione universale].

Si vede subito che le condizioni sono diverse.

Una spiegazione elettromagnetica della meccanica ordinaria dovrebbe rispondere a questo schema:

Si parte da principî elettromagnetici, indipendenti, o almeno distinti dai soliti postulati della meccanica, e poi questi si ritrovano come aspetto particolare o limite di conseguenze più generali.

[È con questi criteri che si intende la spiegazione delle leggi di Kepler: si adotta in lor vece un unico principio generale — legge di Newton — e da questo si ricavano in particolare le tre leggi come risultati di prima approssimazione].

Nella meccanica elettromagnetica, come è ora costituita, si invoca invece ad un certo punto proprio il principio fondamentale della meccanica ordinaria: forza = massa $\times$ accelerazione, ponendo soltanto il secondo membro eguale allo zero.

Trarre da questi principî una spiegazione elettrica della materia non mi pare incoraggiante; direi anzi che si rasenta il circolo vizioso.

Sarà possibile evitarlo con un qualche spostamento nel modo di porre la questione?

L'onere della prova incombe a chi afferma.

Università di Padova, Settembre 1907.

T. Levi-Civita

RIVISTA DELLE RIVISTE.

Riviste Italiane.

Nuovo Cimento. (Pisa, Luglio-Agosto-Settembre 1907). — Piola, Vailati, Giorgi. « Il concetto di massa nell'insegnamento elementare della Meccanica ». Riferiscono, per incarico della Società italiana di Fisica, intorno alle opinioni esposte su questo tema nelle adunanze tenute dalla Società stessa, a Roma, durante il decorso anno scolastico, e riassumono le discussioni a cui quelle dettero luogo. La relazione non giunge ad una conclusione collegialmente accettata, ma esprime piuttosto le diverse vedute individuali dei relatori, e riporta le osservazioni di altri soci.

La discussione della Società di Fisica — dice, nel suo chiaro rapporto, il Piola — si ridusse in ultima analisi a valutare se sia più conveniente definire la massa per mezzo della forza (Piola, Silla, Castelnuovo, Giorgi.....) o questa per mezzo di quella (Vanni, Maggi, Vailati.....).

L'ultima tendenza viene esplicata particolarmente dal Vailati con una definizione del « rapporto di massa » basata su esperienze in cui si confrontano le velocità assunte da corpi diversi sotto l'azione di una medesima forza; è — come l'A. stesso avverte — una modificazione del pensiero fondamentale del Mach.

Infine la relazione del Giorgi contiene abbondanti notizie storiche, in ordine al movimento critico svoltosi fino alla fine del secolo scorso.

[La relazione anzidetta, anche per il carattere individuale delle proposte fatte, dimostra che la discussione della Società di Fisica può riguardarsi soltanto come un interessante preludio al dibattito di problemi che il nostro paese deve meditare in modo più approfondito, sotto l'aspetto critico e pedagogico.

Il criterio posto in certo modo a base della discussione, cioè che debba ridursi la forza alla massa o la massa alla forza, è ispirato ad un nominalismo matematico cui contrastano non meno gl'interessi della Scienza che quelli dell'insegnamento.

Importa all'opposto che forza e massa vengano separatamente definite, almeno in quanto è possibile, perchè la legge newtoniana del moto appaia massimamente significativa di fatti.

Sotto l'aspetto didattico nulla può essere più nocivo che *definire* la forza come prodotto = massa × accelerazione; in qual modo per es. codesta definizione potrà orientare l'ingegnere cui le forze si manifestano quotidianamente nelle relazioni statiche?

Ma anche la definizione della massa come rapporto forza : accelerazione — non meno che le definizioni del Mach [1] e del Vailati — danno luogo ad un grave inconveniente didattico.

L'allievo a cui si chieda il rapporto fra la massa di due litri e di un litro d'acqua deve poter rispondere subito *in base alla definizione;* si vuol forse ch'ei faccia appello ai complicati esperimenti coi quali la massa gli è stata definita?

Il Castelnuovo mostra avere avvertito questa difficoltà pedagogica, e si propone di rimediarci postulando il carattere addittivo della massa.

A noi sembra preferibile partire addirittura di qui per definire la massa in una Meccanica limitata a corpi omogenei; soltanto

[1] Per un'obiezione scientifica alla veduta del Mach uguagliante il postulato della massa al principio d'azione e reazione cfr. ENRIQUES « Problemi della Scienza » pag. 417-418.

per l'estensione successiva occorrerà ricorrere al concetto di forza. La miglior via pedagogica è sempre la via induttiva che tien conto dell'ordine di acquisto delle nostre intuizioni piuttosto che dei criterii logici astratti. Perciò riteniamo che l'interesse della Società avrebbe dovuto fermarsi maggiormente sugli sviluppi di Clifford, « Elements of dynamics », opportunamente richiamati dal Giorgi, ma non forse sufficientemente messi in luce].

La Critica. (Napoli, 20 Novembre 1907). — G. VOLPE, « Insegnamento superiore della Storia e riforma universitaria ». Mette in luce gl' inconvenienti che derivano dal tenere separati nell'Università gli studii storici dai giuridici.

[Segnaliamo con piacere questa nuova critica che vien mossa all' attuale ordinamento universitario ed in ispecie alla partizione delle « Facoltà », corpi chiusi rispondenti ad un criterio particolaristico].

Coenobium. (Lugano - Luglio-Agosto 1907). — ANGELO CRESPI, « Il problema religioso nella luce del Pragmatismo ». Riattaccandosi a Peirce, James e Schiller, ed in particolare al recente libro di questi, « Studies in Humanism » (Macmillan & C., London 1907), spiega la tesi gnoseologica pragmatistica che riduce le leggi naturali ad una creazione volontaria dell'uomo, in vista di un'utilità o di un bisogno. Da questo punto di vista il problema religioso assume un aspetto nuovo: non può più esser questione di decidere se all' oggetto della fede corrisponda o no una *verità*, ma soltanto se si trovi utile di *voler credere* o di *non volerlo*.

[Questo articolo ha il pregio di far palese il valore e il significato sociale della Filosofia pragmatistica. La quale esprime in sostanza il tentativo di accreditare la religione in nome degli interessi che vi si riattaccano, e perciò deve incontrare naturalmente la disapprovazione di coloro — credenti o non credenti — che pongono come principio etico fondamentale « la volontà del vero ».

Limitandoci a considerare soltanto l' aspetto scientifico della questione, notiamo che la dottrina della conoscenza contenuta nel pragmatismo poggia sopra un' analisi unilaterale: è certo che nella conoscenza c'è qualcosa di volontario, che tiene al lato subiettivo del sapere, ma vi è anche qualcosa di reale o obiettivo che non dipende dal nostro volere; e la discriminazione di questa verità indipendente dal timore e dal desiderio risale già ai filosofi della Rinascita. Il sentimento può accreditare certe aspettative in confronto a certe altre, ma non può impedire che esse vengano deluse; e l' uomo che si è abituato a giudicare con prudenza e sincerità delle proprie previsioni, misurandole alla stregua di

criterii scientifici, non sfugge al bisogno di estendere il suo giudizio anche a quelle previsioni che per avventura oltrepassino i limiti di un esperimento diretto, e di valutarle facendo astrazione dai sentimenti che vi si collegano].

F. E.

Rivista Italiana di Sociologia. (Gennaio-Febbraio 1907). — L. GUMPLOWICZ, « La concezione naturalistica dell' universo e la sociologia ». — Il compito e lo sforzo della filosofia è di dare un quadro complessivo e unitario dell' universo. Prevalsero molte concezioni dualistiche: mondo materiale e mondo ideale ritenendosi due campi distinti ed opponentisi. La filosofia dei naturalisti portò la concezione « monistica » riconoscendo l' unità indistruttibile dei vari campi di fenomeni governati da un' unica legge: il mondo inorganico, organico e psichico si svolgono da comuni principii e non sono scindibili l' uno dall' altro. L' A. osserva come tale concezione non si curi del mondo sociale. Egli dimostra l' importanza e la specialità dei fenomeni manifestantisi in questo mondo (formazione dei gruppi sociali, contatti fra i gruppi, loro organizzazione, ecc. ecc.). Egli crede che i naturalisti non se ne occupino nella tema di trovare un campo indipendente con leggi proprie, che romperebbe l' unità universale da loro concepita: i pochi che accennano al mondo sociale lo dicono regolato dalle leggi biologiche, mentre l' A. afferma — giustamente — che alle sole leggi biologiche non si possono ridurre le leggi sociali. L' A. dichiara che le leggi sociali, ricercate e studiate dalla sociologia, non contraddicono alla concezione unitaria naturalistica: non sono che un lato della legge unica universale che impera su tutti i fenomeni: occorre tener conto anche di esse per avere il vero quadro complessivo unitario dell' universo.

Come le leggi sociali si riconducano ad una legge universale di tutti i fenomeni l' A. non dimostra in questo suo scritto.

Rivista Internazionale di Scienze sociali e discipline ausiliarie. (Luglio 1907). — D. MUNERATI, « Materialismo storico e nuova fisiocrazia ». Il fatto economico è necessario coefficiente delle manifestazioni della vita sociale, non escluse le manifestazioni morali, alla stessa guisa che è necessario un organismo umano sano perchè vi sia un funzionamento esatto delle facoltà psichiche e morali; esso è « mezzo », non « causa »: in questo senso l' A. accetta le affermazioni del materialismo storico. Dobbiamo conseguentemente annettere una giusta importanza al fattore economico come fattore sociale: la Provvidenza è la causa prima immanente dello sviluppo sociale; vi sono cause seconde, « mezzi », tra cui il fattore economico.

Il fattore economico, risultante dalle condizioni sociali attuali come il più importante e solo destinato a poter influire beneficamente sull'ulteriore sviluppo sociale, è, secondo l'A. — e secondo la neo-fisiocrazia —, il fattore terriero. L'A., esaminato lo sviluppo dell'industrialismo che ritiene anormale, vuol dimostrare come sia invece secondo natura lo svolgersi del sistema economico sullé basi dell'agricoltura. Migliorata la cultura della terra — specialmente coll'induzione azotica Solariana — e intensificatala, l'ampliata produzione influirà beneficamente sulla soluzione della questione sociale.

Il fattore economico, indubbiamente importante come fattore sociale, non dev'essere considerato in tutta la sua complessa integrità? Se è importante il fattore terriero — forse prevalente.... — quale importanza non ha assunto l'industrialismo! Ad un benefico sviluppo sociale coopererà certo lo svolgimento dell'agricoltura, (forse anche attirando parte delle attività che esuberantemente impiegate nell'industria produrrebbero crisi dannose), ma lo sviluppo industriale è arrestabile — o ne sarebbe utilmente desiderabile l'arresto — o non ne può essere pure benefico l'ordinato, armonico sviluppo? La *nuova fisiocrazia* sia elemento — col valore attribuito nel sistema di *materialismo storico* accettato dall'A.— del benessere sociale: si hanno da escludere altri elementi?

MARIO CHIRI

Riviste Francesi.

Revue Philosophique. (Juillet et Septembre 1907). — F. LE DANTEC, « L'ordre des sciences ». Rileva come il progresso della scienza sia consistito nel sostituire via via, a ricerche e documenti di valore personale, cioè dipendenti dalla natura psichica particolare dell'osservatore, ricerche e documenti di valore il più possibile impersonale, basati sulle misure. Nel periodo prescientifico a documenti di valore personale, o tappa « psicologica », difficile fu accorgersi della stretta dipendenza reciproca delle diverse proprietà o qualità sensibili dei corpi, relative ai diversi sensi. Il riconoscimento di questa interdipendenza, e il conseguente possibile riferimento dei cambiamenti subíti da una qualunque di queste proprietà ai corrispondenti cambiamenti d'una sola di esse, quella pertinente al senso della vista, permise all'uomo di ricondurre le misure di tutte le diverse proprietà dei corpi a semplici *letture di scale graduate,* e, in seguito, di descrivere tutti i fenomeni del mondo esterno, quale si fosse il senso che caso per caso ne venisse ad essere maggiormente od esclusivamente influenzato, come variazioni di forma o movimenti, « di

scala diversa »: movimenti della scala visibile o meccanica, movimenti della scala sonora, movimenti della scala termica, e così via. Da ciò, la spiegazione meccanica dell'universo. — Quest'ordine seguito dalla scienza nel suo generarsi e svilupparsi è anche quello che dovrebbe preferibilmente essere seguito nell'insegnamento filosofico.

(Août 1907). — E. BOIRAC, « La Cryptopsychie ». Dimostra con esempi interessanti come tutti i fenomeni intellettuali, da quelli di pura percezione a quelli più complessi di immaginazione, di ragionamento, di azione, siano suscettibili di rivestire la forma criptopsichica o incosciente; e come dal fondersi di questi stati incoscienti in una serie continua nascano, nei casi di sdoppiamento, una o più personalità secondarie in coesistenza colla principale. Ritiene che questa coesistenza di più personalità costituisca un principio di spiegazione generalissimo per una quantità di altri fenomeni patologici della psiche, ancora più complessi. Si astiene però deliberatamente, ritenendolo per ora prematuro, da ogni tentativo di spiegare il fenomeno in sè stesso della coscienza, cioè di investigare quali siano le condizioni da cui dipendono la coscienza o l'incoscienza degli stati psichici; ricerca, da noi appunto intrapresa in altra parte di questo stesso numero.

(Octobre 1907). — D. PARODI, « Morale et raison ». Discute il libro del BELOT « Etudes de Morale positive », il quale si aggira intorno al pernio solito di tali questioni: Esiste un fine morale supremo, capace di essere proposto all'accettazione riflessiva e razionale dell'uomo coscienzioso, che lo critica mettendosi « nelle condizioni d'un pensiero che cerca il vero »? Mentre il Landry, nel suo bel libro « Principes de Morale Rationnelle », aveva coraggiosamente attaccato di fronte il problema, e, sebbene a torto, come già altrove abbiamo cercato di dimostrare, aveva risposto affermativamente; il Belot, invece, gira intorno alla questione, affermando, da una parte, che le regole morali sono, per una data società, « le regole che la collettività impone all'individuo nell'interesse riconosciuto o solamente intuito, reale o solamente immaginato, della collettività stessa che le sanziona », e, dall'altra, che la società è il fine supremo perchè rappresenta la condizione comune di tutte le attività, il mezzo universale per raggiungere qualunque altro fine.

(Novembre 1907). — A. FOUILLÉE, « Doit-on fonder la science morale et comment? ». Si sforza di dimostrare la possibilità d'una *scienza* morale.

A. REY, « L'énergétique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance ». Un bellissimo articolo, nel quale si accenna ai pericoli di vuoto formalismo e di conseguente aridità cui minaccia di andare incontro l'energetica. Questa cerca,

infatti, di ridurre al minimo possibile la necessità, per cui bisogna pur sempre passare data la nostra organizzazione psichica, di « rappresentare » le nozioni scientifiche, di conservare i residui sensibili. Ora, invece, non si escogitano nuove ipotesi se non coll'immaginazione; da ciò la necessità, se la scienza deve servire a scoprire continuamente del nuovo, di non spingere l'astrazione fino a vuotare del tutto i concetti del loro residuo concreto d'immagini, di non ridurli alla pura loro denominazione priva d'ogni contenuto immaginativo. Eccellente mezzo riassuntivo per sistemare, nel modo più succinto possibile, ciò che già sappiamo, l'energetica si addimostra, dunque, inadatta a farci penetrare ancora più avanti nella conoscenza della natura. Le teorie meccaniste, invece, a forte contenuto immaginativo concreto, sono quelle che, pure offrendo un metodo di sistemazione non inferiore a quello offertoci dall'energetica, promettono una fertilità ben maggiore di quest'ultima come metodo d'invenzione creatrice e di scoperta.

E. R.

Riviste Tedesche.

Sitzungsberichten der mathem.-phys. Klasse der kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften. (Dicembre 1906). — HUGO SEELIGER, « Das Zodiakallicht und die empirischen Glieder in der Bewegung der innern Planeten ». È noto che i pianeti interni presentano alcune piccole anomalie in confronto alla teoria newtoniana, maggiormente sensibile essendo quella del periferio di Mercurio. L'A. spiega queste anomalie riattaccandosi alla veduta già da lui affacciata nel 1892 che la luce zodiacale sia dovuta ad una materia diffusa circondante il sole; si ottiene una correzione abbastanza soddisfacente tenendo conto dell'attrazione che questa massa deve esercitare sui pianeti suddetti.

F. E.

Die Neue Zeit. (16 Marzo 1907). — H. JOFFE, « Revolution und Kultur. Un capitolo di filosofia marxistica ». Rivoluzione e Civiltà sembrano nell'ideologia « borghese » due concetti contrapposti. Ma nella concezione della filosofia marxistica rivoluzione non indica, come nel linguaggio comune, distruzione, bensì mutamento. L'A. studia il diverso modo di concepire i fenomeni della filosofia che egli dice borghese, per cui si vedono stati definitivi e fissi e della filosofia invece che egli dice marxistica, per cui non si vede che un continuo mutare e succedersi di stati a stati, i fenomeni evolvendosi continuamente in fenomeni diversi. L'A. applica questa concezione al campo sociale,

dimostrando come nelle forme sociali si abbia un continuo divenire: dalle rivoluzioni, o mutamenti continui generali, nascono nuovi stati di vita. Il movimento odierno delle classi inferiori non è che una manifestazione di questa legge.

[Tali concezioni, in queste linee fondamentali, non sono proprie di parecchie altre filosofie oltre quella che l'A. chiama marxistica? Se ne possono poi fare diverse applicazioni più o meno concesse, deducendone conclusioni più o meno vere].

MARIO CHIRI

Jahrbuch der Radioaktivität und Elecktronik (Vol. IV, fascicolo 1). — RUTHERFORD « Sulla massa e velocità delle particelle α emesse dal radio e dall'attinio ». Secondo Rutherford le particelle α emesse dalle diverse sostanze radioattive sono fra loro identiche, cioè il rapporto caratteristico e/m ha lo stesso valore per tutte. Il fatto che e/m per le particelle α è doppio di quello dello ione idrogeno, si può spiegare con una delle tre ipotesi, che ogni particella α sia 1) una molecola di idrogeno che porta la carica elettrica di un ione d'idrogeno, 2) un atomo di elio che porta la doppia carica dell'idrogeno, 3) la metà dell'atomo di elio che porta un'unica carica. Di questi tre casi possibili Rutherford ritiene che il secondo sia quello più verosimile. (Vol. IV, p. 1-6).

(Fascicolo 2) P. EWERS « Stato attuale delle ricerche sui raggi positivi. II Raggi α ». Nel presente articolo espone in forma riassuntiva le conoscenze riguardanti i raggi α e dimostra anche come esistono ancora difficoltà per una spiegazione che abbracci l'intero campo della questione. Con ragione osserva che si dà troppo poca importanza alla questione del numero di particelle α che un atomo radioattivo emette nello scomporsi, poichè p. es. anche tutti i calcoli fatti sulla cosidetta durata della vita del radio riposano sul numero delle particelle α emesse.

H. A. LORENTZ « Sugli elettroni positivi e negativi ». La questione importante, se esistano oltre gli elettroni negativi anche i positivi, è discussa da H. A. Lorentz in un geniale articolo, nel quale movendo dal fenomeno di Hall arriva alla conclusione che il tentativo di spiegare coll'esistenza di due specie di elettroni i fenomeni prodotti da una corrente elettrica sta in contraddizione col principio di Carnot e per conseguenza non è attendibile. Si deve però osservare in primo luogo che si può sollevare qualche dubbio sull'esattezza della seconda proposizione e in secondo luogo che nuove esperienze di Lilienfeld sembrano parlare in favore dell'esistenza di elettroni positivi.

Degli altri lavori pubblicati in questo volume basterà riportare i titoli: Coblentz « Sguardo sulle relazioni che passano tra la costituzione chimica e gli spettri d'assorbimento ultrarossi »

(fascicolo 1) è un interessante contributo per la conoscenza della questione oggi tanto discussa della relazione intercedente tra il colore dei composti chimici e la loro costituzione; Pohl « Sulla emissione luminosa di gas nelle sostanze radioattive » (fasc. 1); Trautz « Resoconto sulla luminescenza nei processi chimici » (fascic. 2); Koenigsberger « Stato attuale delle ricerche sulla conducibilità elettrica nei corpi solidi e loro relazione colla teoria degli elettroni » (fascic. 2); H. W. Schmidt « Resoconto sui primi termini della serie dei prodotti di scissione del radio (radio, emanazione, radio A, B e C) » (fasc. 2).

Il **Weltall** ha incominciato l'VIII anno di vita con uno studio storico assai interessante di K. Manitius sulla « Teoria della luna di Ipparco, secondo Ptolomeo (fasc. 1, 2, 3) » (p. 1-9, 26-30 e 45-55). A. Stentzel narra delle osservazioni di rare macchie spirali e rotanti nel sole (fasc. 2). K. von Lepakowski parla dei ghiacciai e delle catene montuose del Kaukaso (fasc. 2-3).

Naturwissenschaftliche Wochenschrift (N. F. vol. III, fasc. 38 e vol. VI, fasc. 43). — Giorgio Heuser « Prodotti naturali ed artificiali ». Con una interessante esposizione l'autore avanza le idee già esposte 25 anni prima da Kapp nella sua « Filosofia della tecnica » e più tardi completate da molti autori. Egli dimostra e spiega con disegni ben riusciti la completa analogia che passa tra la struttura naturale intima delle piante, degli animali ed i loro calchi da una parte, tra le costruzioni escogitate dallo spirito umano e quelle in uso nella pratica dall'altra. Le foglie degli alberi, i nidi degli uccelli, le celle delle api, come pure, per quanto il Relatore ricorda dalle belle lezioni di Hans Virchow all'università di Berlino, la struttura delle ossa sono così fatte che corrispondono pienamente al modo di concepire umano. Perciò Kapp conclude dalle sue ricerche che gli utensili e gli apparecchi ideati dall'uomo sono la proiezione istintiva dei suoi organi: nell'istesso modo come anche spesso la concezione istintiva degli organi portò nella pratica ad una concezione delle costruzioni che si osservano in natura. Rimane dubbio poi se si tratti, nel caso di invenzioni pratiche, di riproduzioni inconsapevoli (vale a dire volute dalla sostanza vivente, come sono le azioni istintive) che sfuggono alla nostra percezione, o piuttosto se il numero delle costruzioni possibili sia così esiguo, che quelle prodotte dalla vita naturale debbano coincidere colle forme prodotte dalla intelligenza umana; perchè per problemi che si ripetono di sovente non esiste che una o un numero molto limitato di soluzioni. Al Relatore pare ad ogni modo che la seconda interpretazione sia la più vera perchè essa si conciglia in modo più semplice e più

chiaro col detto di Newton « causas rerum naturalium non plures admitti debere quam quae et verae sunt et earum phaenomenis explicandis sufficiant ».

Zeitschrift für Elektrochemie (Vol. XIII, fasc. 44). — A. KANITZ « Lavori sulla RGT-regola nei processi vitali ». Fondandosi su notevoli dati di fatto l'autore osserva: La regola empiricamente stabilita da van't Hoff, che nei limiti di temperature non troppo elevate nè troppo basse la velocità delle reazioni chimiche si raddoppia od anche si triplica per un innalzamento di dieci gradi, cioè la cosidetta RGT-regola (Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel) vale anche per i più svariati processi che si svolgono nell'organismo vivente, p. es. per l'espirazione dell'acido carbonico negli animali e piante, per le germinazioni, scissioni cellulari, frequenza dei battiti cardiaci, trasmissione dell'eccitamento nervoso, ecc. Queste osservazioni sono importanti, perchè accennano ad una possibile spiegazione dei processi legati ai fenomeni vitali mediante reazioni chimiche.

M.

NOTIZIE.

La **79° assemblée des naturalistes et médecins allemands** s'est réunie à Dresde du 16 au 21 Septembre 1907. L'importance de cette assemblée annuelle pour le developpement des sciences en Allemagne est bien connue, de sorte qu'il n'importe d'y insister. Cette année, comme toujours, on a discuté sur des thèmes très variés, parmi lesquels nous rappelerons en premier lieu la constitution de notre planète, soit au point de vue de la structure interne qu'à celui de son atmosphère (l'étude des tremblements de terre nous aide jusqu'à un certain point à résoudre le premier problème). En laissant de côté d'autres questions astronomiques (ce rapportant p. ex. à la voie laitée) faisons mention aussi des problèmes psychologiques concernant l'analyse des phénomènes psychiques en général, la psychologie animale etc.

Les médecins ont discuté sur le traitement chirurgical de l'emphysème pulmonaire, quelques problèmes de la tuberculose, l'influence nocive de l'éclairage moderne, riche de rayons ultraviolets, sur les yeux etc.

Les questions pédagogiques out occupées le Congrès d'une façon qui mérite d'être rappelée tout spécialement.

En effet, depuis 1904, le Congrès de l'Association à Breslau, avait chargé une Commission d'étudier les réformes à introduire dans l'enseignement des écoles moyennes et dans la préparation des maîtres. Cette Commission a présenté un rapport très interessant [1]. L'esprit des reformes proposées peut être expliqué en disant que les rapporteurs souhaitent de remplacer l'enseignement formel et abstrait par un enseignement concret où la théorie se mêle au travail; c'est ainsi qu'ils portent leur attention sur les exercices de laboratoire pour les physiciens et les chemistes, sur le dessein d'après nature et sur les excursions régulières pour les zoologues etc.

Un'autre tendance se mêle à cet esprit du concret et complète, en quelque sorte, dans le domaine de la théorie, les propositions visant aux applications techniques de la Science.

Il s'agit de développer le plus largement possible l'intelligence et la culture de ceux qui seront appelés à l'enseignement, ainsi que le sentiment des interêts qui se rapportent à la connaissance scientifique. Ils faut qu'ils

[1] *Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft der deutscher Narturforscher und Ärzte.* Leipzig und Berlin. Teubner 1907.

apprennent à considerer leur discipline dans toute son étendue; que, d'un côté, on ne soit pas amené à oublier les *faits* essentiels qui se trouvent représentés par les formules abstraites; que, de l'autre côté, on n'oublie pas, pour les méthodes, les liens réels des objets d'étude.

La première remarque se rapporte surtout aux jeunes mathématiciens, auxquels on ne veut pas permettre de laisser de côté l'Astronomie. La seconde à ceux qui poursuivent les études biologiques; on veut que ceux-ci cultivent la Physiologie non moins que l'Anatomie, qu'ils visent en particulier l'Anatomie et la Physiologie humaines, sans négliger d'ailleurs la science génerale de la vie.

On ne saurait trop appuyer sur ces dernières propositions et sur les critiques qu'elles renferment implicitement à l'égard du système de préparation qui est en vigueur aujourd'hui dans nos Facultés universitaires de sciences naturelles.

D'une manière générale il y a lieu de constater que la Commission pédagogique de la deutsche Gesellschaft s'est inspirée d'un sentiment synthétique de la Science, non moins que d'une juste appréciation des intérêts techniques et pratiques; c'est son mérite d'avoir reliés en un ensemble de propositions ces deux points de vue (philosophique et social) qui, de côtés opposés, nous amènent à reconnaître les inconvenients du spécialisme outré dominant la culture contemporaine.

Quant aux détails des reformes proposées, nous ne nous y arrêterons pas; il serait difficile d'en juger sans une connaissance parfaite des habitudes et des conditions de la vie universitaire allemande.

Pour terminer la Chronique nous ajouterons que, la Commission ayant achevé ses travaux, a pris son congé, mais il semble qu'il y a l'intention de la remplacer par un comité général d'instruction où seraient représentées les grandes sociétés allemandes de naturalistes et de médecins.

Le 14° Congrès international d'Hygiène et de Démographie a été tenu à Berlin du 23 au 27 Septembre 1907, et plus de 4000 congressistes y ont assisté. On a discuté de nombreux problèmes se rapportant d'une manière générale à la Médécine considérée au point de vue social (tuberculose, alcoolisme, syphilis, maladies industrielles....) à l'hygiène des écoles, des maisons, des villes, des rues, à la question des eaux, à la statistique des genres de nourriture etc.

Un'exposition très intéressante d'appareils et d'installations a complété, en quelque sorte, les discussions du Congrès.

L'Academie des Sciences des Vienne vient de charger M. le Docteur R. Poech d'une mission scientifique dans l'Afrique du Sud. Il s'agit de l'étude anthropologique des *Boikismanes*, étude qui se fera en registrant par le phonographe la langue et les chants de ces hommes.

On sait que les instituts scientifiques sont exposés toujours davantage à de troubles électriques, surtout en conséquence des tramways. En une séance de la Société allemande de Météreologie (section de Berlin) U. Schmidt a exposé les moyens par lesquels on est réussi à protéger l'observatoire

de Postdam, de façon que les appareils magnétiques n'ont pas été troublés par les tramways récemment installés dans la ville.

Le **77e Congrès de l'Association britannique pour l'avancement des sciences** a eu lieu à Leicester dans la première semaine du mois d'août.

Le président de l'Association, sir David Gill, a prononcé le discours d'ouverture. En retraçant un tableau des questions touchant à la Géodésie et à l'Astronomie, il a été amené à parler de l'état actuel de ces questions et des recherches à faire. Il suffira de rappeler parmi les sujets traités: le grand arc de meridien de l'Afriqne, les parallaxes du soleil et des étoiles, la constitution de l'univers, les mouvements des étoiles et du soleil, la densité de distribution des étoiles, etc.

Parmi les discours des présidents de section nous rappellerons en particulier les suivants:

(*Section A* - Math. et Physique) A. E. Love « sur la théorie dynamique de la figure de la terre, c'est à dire sur l'origine des continents et des océans ».

(*B* - Chemie) A. Smithells « sur la flamme ».

(*C* - Géologie) J. W. Gregory « constitution de la terre à son intérieur ».

(*E* - Géographie et Commerce) E. G. Chisholm « relations de la Géographie et du Commerce au point de vue historique ».

(*K* - Botanique) J. B. Farmer « revue de plusieurs questions générales (cariocynèse, loi de Mendel, phenomènes de parthénogenèse expérimentale d'après Loeb et Wilson etc.) ».

(*H* - Anthropologie) D. J. Hogarth « sur les réligions comparées ».

(*G*) Silvanus T. Thomson « l'art de l'ingénieur considérée par rapport à la science abstraite — instruction et apprentissage des ingénieurs ».

(*I* - Physiologie) A. D. Weller « l'action des anesthésiques ».

(*L* - Pédagogie) Ph. Magnus « application de la méthode scientifique aux problèmes de l'éducation ».

Les rapports présentés dans les sections ont touché souvent des questions d'un ordre très général et donné lieu à des discussions très élevées. Nous rappelerons en particulier quelques sujets traités dans la section *A*: R. J. Strutt « hélium et radioactivité ». — Lord Kelvin « mouvements de l'éthèr produits par la collision d'atomes ou de molécules qui renferment ou ne renferment pas des électrons ». — Lamb « questions de stabilité ». Rutherford « théorie cinétique de la constitution de l'atome opposée à la conception statique de lord Kelvin (à ce sujet s'engage une discussion extrêmement interessante; MM. Lodge, Ramsay, Soddy et Larmor prennent la parole). Ramsay « hélium, néon, argòn, formés par l'émanation du radium». — Larmor « le rôle de la liberté des électrons dans les métaux ».

Le prochain Congrès de l'Association britannique aura lieu en 1908 à Dublin; pour 1909 il a été proposé de se réunir au Canada.

ALDO TAMPELLINI - *responsabile*.

Bologna — Cooperativa Tipografica Azzoguidi.